Landesbibliothek
Coburg

906
C.17
14

Alexander Cumming's
Mitglieds der philosophischen Societät zu Edinburg,

Elemente der praktischen Groß- und Klein-Uhrmacherkunst.

Aus dem Englischen
mit einigen Anmerkungen
übersetzt
von
J. G. Geißler,
Mitglied der naturforschenden Gesellschaft
in Halle.

Mit 16 Kupfertafeln.

Leipzig,
Baumgärtnerische Buchhandlung.
1802.

Landesbibliothek
Coburg

Vorerinnerungen.

Ich habe nunmehr seit dem Jahre 1793, als ich meinen Uhrmacher anfing öffentlich heraus zu geben, Verschiedenes über Uhrmacherkunst und damit verwandte Kenntnisse, und ich hoffe, nicht ganz ohne Nutzen, geschrieben; indessen glaube ich doch, daß vorliegendes Werk des Herrn

Cumming über verschiedene Gegenstände noch manche nähere Aufschlüsse gewähren dürfte, als selbst der berühmte Berthoud, den ich bei meinem Uhrmacher zum Grunde legte. Dieß war denn auch die Ursache, daß ich dieses Werk ganz bearbeitete, anstatt, wie ich anfangs Willens war, einen praktischen Auszug daraus zu machen, und ihn meinem Uhrmacher beizugesellen.

Als Theoretiker und Künstler gleich groß, liefert Cumming Gründe, und will daher auch nicht flüchtig durchgelesen, sondern Wort für Wort studiret sein. Freilich dürfte er so nicht

allen

allen Uhrmachern behaglich werden: allein ich hoffe doch, und könnte es allenfalls mit Beispielen belegen, daß auch in Deutschland Uhrmacher zu finden sind, die ihre Kunst nicht bloß als Broterwerb treiben, sondern denen ein ähnliches Werk gewiß willkommen sein wird.

Uhrmacherkunst ist, ich gestehe es, fast von Jugend auf meine angenehmste Erholungsbeschäftigung gewesen, und wird es wahrscheinlich auch bleiben, wozu mich besonders die so freundschaftliche Theilnahme Herrn Lieders an ähnlichen Arbeiten nicht wenig aufgemuntert hat, so daß

ich alle neuere etwannige Entdeckungen nicht ermangeln werde, so bald ich sie erhalte, dem Publikum mitzutheilen.

Außer einer allgemeinern Uebersicht der ganzen Lehre von Uhren, womit ich mich seit einiger Zeit besonders beschäftiget habe, und einer sorgfältigen Revision meiner seit einiger Zeit in diesem Fache gelieferten Schriften, dürfte ich indessen freilich nicht leicht etwas Systematisches mehr liefern — indessen sollen gewiß keine wichtigen Entdeckungen mir verloren gehen. Mit Mudge's Werk über seinen Time-keeper hoffe ich

nächs=

nächstens der Kunst ein nicht unwichtiges Geschenk machen zu können.

Ueberhaupt verbreitet sich die Uhrmacherkunst, selbst als abgeleitete Lehre aus Mechanik, Physik u. s. f., für sich schon in so viele Nebenzweige, daß sie unter diesen Umständen sehr viele anderweitige Vorkenntnisse erfordert, um sie anwendbar zu machen: ich werde daher solche Kenntnisse, die mit der Uhrmacherkunst verwandt sind, welche etwa zu näherer Vervollkommnung dienen, oder sonst auf irgend eine Art Beihülfe gestatten, in einzelnen Theilen nach und nach liefern, und

sie meinem Uhrmacher als Anhang beifügen. Was besonders die eigene Anwendung der Uhrmacherkunst zur sinnlichen Darstellung des Weltgebäudes, als ich unter angewandten astronomischen Uhren verstehe, und wohin ich die so genannten beweglichen Orreryen, Planetensysteme u. s. f. rechne, betrifft, so werde ich ihre Zusammensetzung, Gebrauch und Anwendung im zweiten Theile meines Werks über Globen, Planigloben, Sphären, Konigloben und andere zur nähern Kenntniß des Universums sinnliche Darstellungen, besonders aufnehmen. Da ich seit einiger Zeit mit Beihülfe des Herrn Mechanikus

Lieder eine beträchtliche Menge solcher Uhrwerke selbst verfertiget habe, so werde ich Liebhabern um so mehr die praktischen Vortheile bei Bearbeitung ähnlicher Maschinen zeigen können, die, ob sie zwar für den geübten Künstler eigentlich nichts Anstößiges haben, doch in mancher Rücksicht, und besonders in Ansehung verschiedener Vorkenntnisse, die beim Baue derselben nothwendig erforderlich sind, für den Ungeübten mit verschiedenen Bedenklichkeiten verbunden sein dürften. England und Frankreich haben in dieser Rücksicht wohl unstreitig am meisten gearbeitet, und Maschinen dieser Art geliefert, die alle

Bewun-

Bewunderung verdienen, und welche besonders für Liebhaber Mittel zur nähern Kenntniß des Universums darbieten, aus denen die Größe desselben und seines erhabenen Urhebers auf die faßlichste Art sich herleiten läßt.

Sollte ich nutzbar gearbeitet haben, so soll dieß der größte Lohn sein, den ich für alle meine Bemühungen fordere.

J. G. Geißler.

Inhalt des Werks.

I. Versuche zu Vervollkommnung großer Uhrwerke.

Allgemeine Uebersicht §. 1 — 11.

Von pendelartigen Vibrationen 12 — 55.

Von der Zeit des Ganges einer Uhr bei einem Aufzuge 56—65.

Schwere des Pendels 66—82.

Moment des Pendels 83—89.

Untersuchung kurzer Vibrationen 90—113.

Von dem Widerstande der Luft 114—141.

Wiederholung 142—152.

Von dem Einflusse des Oels überhaupt 153—171.

Von dem Einflusse desselben auf die Lappen 172—196.

Wiederholung 197—210.

Verminderung dieses Einflusses 211—231.

Von

Von dem Zurückfall überhaupt 232—275.

Verbesserung der Lappen 276—308.

Von der Aufhängung des Pendels 309—315.

Von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf das Pendel 316—331.

Von dem Rostpendel 332—369.

Wiederholung 370. 371.

Von den Veränderungen in der Wirkung der Schwere 372—383.

II. Versuche zu Verbesserung der Taschenuhren.

Einleitung — Vergleichung der Taschenuhren mit Pendeluhren 384—441.

Einfluß der äußern Bewegung 442—484.

Von dem Moment der Unruhe 485—495.

Von dem Thermometer 496—511.

Von dem Einflusse des Oels 512—533.

Von den Lappen 534—566.

Von dem Widerstande der Luft 567—573.

Ver.

Versuche
zu
Verbesserung
großer Uhrwerke.

Allgemeine Uebersicht.

1. Man ist allgemein darin einverstanden, daß eine gewöhnliche Wanduhr mit dem Pendel die Zeit besser abmißt, als irgend eine Taschenuhr nach der bisher gebräuchlichen Bauart. Obschon

2. Die Taschenuhren überhaupt eben so gut bearbeitet werden, als es bei Wanduhren geschieht. Man sieht also hieraus,

3. Daß Wanduhren ihre größern Vorzüge Grundsätzen zu verdanken haben, und daß daher eine gehörige Aufmerksamkeit auf ihre natürlichen Eigenschaften wenigstens Mittel zu Vervollkommnung der Taschenuhren darbieten können.

4. Die Theorie in Rücksicht großer Uhrwerke theilt sich von Natur in folgende zwei allgemeine Abschnitte, nämlich:

5. Welche pendelartige Vibrationen leiden in ihrem Isochronismus von gleichen Ursachen am wenigsten? Und

6. Welche Bauart einer Wanduhr wird am wenigsten den Isochronismus von einerlei Pendel ändern?

7. Alle Wanduhren lassen sich in zwei Arten theilen, gewöhnliche und astronomische.

8. Bei gewöhnlichen Wanduhren, dergleichen insgemein zu häuslichen Absichten gebraucht werden, muß man besonders auf ihre Einfachheit und Wohlfeilheit Rücksicht nehmen.

9. Bei Wanduhren hingegen, welche zu astronomischen und andern sehr genauen Beobachtungen angewendet werden sollen, müssen keine Kosten gespart werden, so lange noch nähere Vervollkommnungen Statt finden. Ich werde daher

10. Zuerst untersuchen, in wie fern Wanduhren verbessert werden können, ohne ihren Preis zu erhöhen.

11. Und zweitens, welches der höchste Grad der Vollkommenheit ist, den sie anzunehmen im Stande sind.

12. Da das Pendel besonders derjenige Theil einer Uhr ist, der von Natur zu Abmessung der Zeit geschickt ist, so will ich hier seiner bekannten Eigenschaften in seinem einfachen Zustande, ohne Beihülfe einer Uhr, erwähnen, so wie es kreisförmige Bogen beschreibt.

13. Erstlich: Ein Pendel, welches einmal in Bewegung gesetzt worden, würde auf immer fortfahren, gleiche Bogen zu vibriren, wenn keine äußerliche Ursache bemühet wäre, seine Bewegung zu vernichten.

14. Zweitens: Alle jene gleichen Vibra-

Vibrationen würden in gleichen Zeiträumen geschehen.

15. Drittens: Das Moment *) der Pendel ist wie der Quersinus ihres Winkels der Vibration in ihre Menge an Materie.

16. Viertens: Pendel von gleicher Länge, obschon von ungleicher Schwere, werden, wenn alle übrigen Umstände gleich sind, ihre Vibrationen in gleichen Zeiträumen vollenden.

17. Fünftens: Alle Pendel ändern ihren Zeitraum der Vibration unter verschiedenen Breiten. Eben so erfolgt der Einfluß gleichförmig auf ihre Zeiträume des Steigens und Fallens.

18. Sechstens: Ein Pendel kann nicht ruhen, wofern nicht sein Mittelpunkt der Schwere genau unter seinem Punkte der Aufhängung sich befindet.

19. Siebentens: Die kürzern Vibrationen in kreisförmigen Bogen geschehen in kürzerer Zeit als die längern. Herr Huyghens hat bewiesen, daß 29 halb kreisförmige

A 2 Vibra-

*) Moment ist die wirkende Kraft, oder die Kraft, welche ein Körper äußert, ehe seine ganze Bewegung vernichtet wird.

Bewegende Kraft ist diejenige Kraft, welche die Bewegung verursacht, sie geschehe nun ganz oder nur zum Theil.

Mitgetheilte Kraft ist derjenige Theil der bewegenden Kraft, welcher eigentlich die Wirkung erzeugt.

Wenn daher ein Rad von einem Strome bewegt wird, so ist der ganze Strom die bewegende Kraft; allein die Kraft, welche mitgetheilt wird, hängt sowohl von der Geschwindigkeit des Rades, als von der Geschwindigkeit oder Kraft des Stroms ab; denn wenn das Rad sich mit einer Geschwindigkeit gleich derjenigen des Stroms bewegt, so kann letzterer dem erstern keine Kraft mittheilen, oder seine Geschwindigkeit vermehren.

Motive Kraft ist die Größe der Bewegung, als von der mitgetheilten Kraft erzeugt wird.

Vibrationen so viele Zeit erfordern, als 34 der kürzesten Vibrationen des nämlichen Pendels, wenn kein Einfluß der Luft Statt hat.

20. Diese Eigenschaften sind besonders von Herrn Huyghens in seinem Horologium oscillatorium bewiesen worden, welches in Keils Einleitung zur Natur-Philosophie ins Englische übersetzt worden, so wie denn eine genaue Aufmerksamkeit darauf zur Verbesserung und Vervollkommnung der Wanduhren schlechterdings nothwendig zu sein scheint.

21. Wenn ein pendelartiger Körper seine Vibrationen in einem resistirenden Medium, z. B. der Luft, thut, so wird jede Vibration vermöge dieses Widerstandes kürzer werden, als die vorhergehende, bis endlich das Pendel ganz stille steht; es werden daher (19) solche Vibrationen nicht in gleichen Zeiträumen erfolgen.

22. Allein wenn der Widerstand des Mediums u. s. f. gleichförmig einerlei wäre, und es könnte eine Kraft angebracht werden, die dem Pendel bei jeder Vibration so viele Bewegung wieder ersetzte, als dieser Widerstand vernichtet, so würden alsdann alle Vibrationen von gleicher Länge sein, und in gleichen Zeiträumen geschehen.

23. Allein da weder der Widerstand, welcher die Bewegung aufzuheben strebt, noch die Kraft, welche die Vibrationen der Uhrpendel unterhält, vollkommen gleichförmig sind, so fahre ich in meiner Untersuchung fort.

24. Ob lange oder kurze Vibrationen in ihrem Isochronismus am wenigsten von diesen Unregelmäßigkeiten gestört werden.

25. Isaac Newton hat bewiesen, „daß ein Körper, welcher an einem Faden aufgehängt ist, und in einem resistirenden Medium vibrirt,

vibrirt, in seinen kurzen Vibrationen isochronischer ist, als in seinen längern;" das ist mit andern Worten, daß die längern Vibrationen, da sie mehrern Widerstand erleiden als die kürzern, früher ihre Länge ändern, und so folglich auch ihre Zeiträume der Vibrationen. Allein

26. Es werde auf irgend eine Art eine Kraft angewendet, welche dem Pendel so viel Bewegung mittheilt, als der Widerstand des Mediums u. s. f. vernichtet, so werden alsdann die Vibrationen fortfahren, gleich und isochronisch zu sein.

27. Wir dürfen daher nicht den ganzen Widerstand der Luft, der Anreibung u. s. f. in Anschlag bringen, weil sehr leicht eine Kraft angewendet werden kann, welche damit das Gleichgewicht so lange hält, als sie gleichförmig bleiben. Diese Kraft, von welcher Ursache sie übrigens auch herrührt, nenne ich die unterhaltende Kraft.

28. Allein wir müssen auch untersuchen, welchen Einfluß irgend eine Veränderung in dem Widerstande, oder in der unterhaltenden Kraft auf Pendel von gleicher Schwere haben werde, die aber ungleiche Bogen beschreiben.

29. Es werde irgend eine Kraft an den pendelartigen Körper B Taf. I. Fig. 1. angebracht, die im Stande sei, ihn aus seinem Orte der Ruhe bis M oder G zu bewegen; man verbinde MG, und ziehe ON parallel mit der Linie MG, theile ferner MO, als die senkrechte Höhe, zu welcher er gehoben wird, in irgend eine Anzahl gleicher Theile, z. B. in fünf; durch das Ende eines jeden Theils ziehe man dann eine gerade Linie parallel mit MG, bis sie den Bogen in den Punkten L, K, I, H treffen; wenn nun die Kraft, welche den Körper B bis M hebt, gleichfalls in fünf gleiche Theile getheilt wird, so wird einer

dieser

dieser Theile B bis H heben, zwei solche Theile ferner bis I, drei Theile bis K, und vier Theile bis L u. s. f.

30. Hier muß ich indessen noch bemerken, daß, obschon die Kraft unter gleichen Abschnitten angewendet wird, dennoch die beschriebenen Räume ungleich sind; allein in der senkrechten Höhe stimmen sie mit der angewandten Kraft überein *).

31. Es werde der Bogen BG in fünf gleiche Theile durch die Punkte C, D, E und F getheilt, durch welche Punkte man dann gerade Linien parallel mit MG zieht, bis sie AB und GN treffen; so wird alsdann die Linie GN die Kraft vorstellen, welche erforderlich ist, um den Körper B bis zum Punkte G zu heben; und dessen Theile als die erforderlichen Kräfte, ihn zu heben, bis zu ihren entsprechenden Punkten in dem Bogen. Man sieht, daß GN nach einem Maßstabe von Quersinussen getheilt wird; wenn daher die Schwere allein sich dem Steigen des Pendels widersetzte, so würden die Kräfte, welche erforderlich sind, es zu irgend einer Lage C, D, E, F, G zu heben, wie der relative Quersinus dieser Bogen sein; eben dieß wäre auch der Fall mit dem Momente des Pendels beim Fallen desselben von irgend einem dieser Punkte.

32. Da nun das Wachsen der senkrechten Höhe wie das Wachsen der angewandten Kraft (30) ist, so folgt denn, daß das Abnehmen in der senkrechten Höhe wie das Wachsen des Widerstandes, oder wie die Verminderung der Kraft sein werde.

33. Man nehme also eine Menge Wanduhren, z. B. fünf, an, deren Pendel genau gleich, allein deren Winkel der Vibrationen zu einander wie 1, 2, 3, 4 und 5 sind; oder es mögen die Körper C, D,

E, F

*) Die Ursache davon ist die beschleunigte Bewegung beim Fallen schwerer Körper.

E, F und G ihre relativen Pendel an dem Ende ihrer Vibrationen vorstellen.

34. Wenn nun diese fünf Uhren einerlei Grade von Kälte ausgesetzt werden, so wird auch das Oel einerlei Einwirkung äußern, und es werden folglich auf diese Art ihre unterhaltenden Kräfte gleichmäßig vermindert werden. Es entsteht also eine gleiche Verminderung in der senkrechten Höhe der Vibrationen eines jeden Pendels (32).

35. Man lasse diese Uhren der Kälte ausgesetzt bleiben, bis irgend eine derselben ihrer ganzen Bewegung beraubt worden ist, so entsteht dann die Frage, welches Pendel wird zuerst aufhören? und in welchem Grade wird sich die Einwirkung davon auf andere äußern?

36. Da alle Pendel gleich sind (33), so sieht man leicht, daß dasjenige, welches den kürzesten Bogen beschrieb, zuerst stille stehen wird (15).

37. Nun hat das Pendel C (36) alle seine Bewegung, und solchemnach auch sein senkrechtes Steigen verlohren: man ziehe daher (32, 34) von der Höhe der andern Pendel D, E, F und G einen Raum gleich der größten Höhe von C ab, wie auf dem Maßstabe GN vorgestellt worden ist; durch diese Punkte ziehe man nunmehr Parallellinien mit GM bis sie den Bogen BG treffen, worauf sie dann die Verminderung in der Länge der Vibration eines jeden Pendels zeigen werden, oder wie in der Figur durch die punktirten Linien angegeben worden ist. Oder

38. Man ziehe den Quersinus des Winkels, welcher von dem Pendel C beschrieben wird, von jedem Quersinus der Winkel ab, welcher von den Pendeln D, E, F und G zu Anfange aller ihrer Vibrationen beschrieben worden; der Ueberrest wird solchemnach die Quersinusse einer jeden respektiven Vibration

Vibration geben, nachdem das Pendel C alle seine Bewegung verloren hat.

39. Man sieht hieraus deutlich, daß bei Uhrpendeln gleiche Ursachen die Länge der kürzesten Vibrationen am meisten ändern.

40. Ferner muß ich hier bemerken, daß, obschon die nämlichen Ursachen die Bogen der Vibration aller dieser Pendel gleichmäßig änderten, dennoch die Wirkung, als auf ihre Zeiträume Statt haben dürften, wie die Veränderung sein wird, die in jeder Vibration erzeugt wird, zu der ganzen Länge der Vibration (14).

41. Allein gleiche Ursachen erzeugen weniger Veränderung in der Länge langer Vibrationen, als es der Fall bei kurzen ist. (39) Die komparativen Vortheile (40) verschiedener Vibrationen in Uhrpendeln sind daher (wenn alles Uebrige gleich ist) in dem duplikaten Verhältnisse ihrer relativen Länge. Welches auf folgende Art bewiesen werden kann:

42. Es vibrire irgend ein Körper E Fig. 2. Taf. I. in dem kreisförmigen Bogen ACE, so sage ich, daß die Vortheile seiner längern Vibrationen zu denjenigen seiner kürzern in dem duplikaten Verhältnisse der Länge ihrer Bogen sind.

43. Denn man verbinde AE, und von C, als dem niedrigsten Punkte des Bogens, ziehe man eine Linie senkrecht auf AE, welche senkrechte Linie man ferner in vier gleiche Theile theile, und durch deren Ende man sodann gerade Linien parallel mit AE ziehe, bis sie an den Bogen stoßen; so verbinde man EC, und parallel damit ziehe man eine Linie, die den Bogen in D treffe; so wird alsdann ED gleich DC sein, und folglich EC das Doppelte von DC. Nun

44. lasse man zwei gleiche Körper E und D die Bogen EC und DC beschreiben, so sieht man leicht (32), daß

daß viermal so viel Widerstand erforderlich ist, um E zur Ruhe zu bringen, als die Bewegung von D aufheben wird; auf gleiche Art kann denn auch bewiesen werden, daß viermal so viel Widerstand nöthig ist, die Bewegung von D bis C aufzuheben, als von h bis C.

45. Was bereits von ganzen Bogen erwähnt worden ist, gilt auch gleichmäßig von ihren verhältnißmäßigen Theilen; denn wenn der ganze Widerstand, welcher erforderlich ist, um die Bewegung irgend eines Körpers zu vernichten, der einen kreisförmigen Bogen beschreibt, in sechzehn gleiche Theile getheilt wird, so werden zwölf solche Theile erfordert werden, um die Vibration auf die halbe Länge herab zu bringen; noch drei Theile mehr werden sie zum vierten Theile der ganzen Länge herabsetzen, und wenn der noch übrige sechzehnte Theil des Moments nochmals wie oben getheilt wird, so wird das nämliche Verhältniß Statt finden, bis endlich der Bogen ganz verschwindet.

46. Der Widerstand also, welcher erforderlich ist, um verhältnißmäßige Wirkungen in dem Isochronismus der Vibrationen verschiedener Längen zu erzeugen (41), wird (nach dem 12. Satze des 5. Buchs des Euklid) zu ein ander unter gleichen Umständen sein, wie der Widerstand, welcher ihre ganze Bewegung vernichtet, d. i. (32) wie ihre relativen Quersinusse.

47. Es sind daher in Uhren die Vortheile langer Vibrationen der Theorie nach allgemein in dem duplikaten Verhältnisse der beschriebenen Bogen.

48. Indessen könnte man freilich einwenden, daß die nöthige Kraft, um Vibrationen von verschiedenen Längen zu unterhalten, gleichfalls in dem duplikaten Verhältnisse ihrer respektiven Bogen sein werde; und daß die Anreibung auf das Movement wie die Kraft wachsen werde, so daß folglich die erforderliche Kraft, um die Bewegunng in Uhren zu unterhalten, in einem

größern

größern Verhältnisse zu dem Momente des Pendels bei langen Vibrationen stehen werde, als bei kurzen. Hier muß ich aber bemerken, daß,

49. Obschon die ganze Anreibung sich wie die Schwere, oder die Kraft vermehrt, die einer Uhr gegeben wird, dessen ungeachtet doch nicht folge, daß die Veränderungen, oder die zufälligen Abweichungen einerlei Gesetzen folgen (27).

50. Die natürliche Anreibung fährt gleichförmig einerlei fort, indeß der Druk auf die reibenden Oberflächen gleichfalls gleichförmig ist; und wenn irgend eine gewisse Größe der unterhaltenden Kraft immerfort durch Anreibung vernichtet wird, so kann sie doch auf keine Art auf den Isochronismus des Pendels wirken: denn was könnte wohl thörichter sein, einen Einfluß von irgend einer Kraft anzunehmen, wo sie nicht hinreicht? Ich will hier keineswegs behaupten, daß es in Rücksicht der Gleichförmigkeit der natürlichen Anreibung, deren ich hier erwähnét habe, nicht Ausnahmen geben sollte; allein da solche Ausnahmen keineswegs den Satz schwächen, dessen ich hier gedacht habe, so gehören sie auch keineswegs hierher, ich werde ihrer aber bei anderer schicklichen Gelegenheit gedenken.

51. Da jedes Wachsen in der unterhaltenden Kraft einerlei Wirkung auf das Pendel erzeugt, wie das Abnehmen des Widerstandes der Luft, und umgekehrt (32), so folgt, daß alles,

52. Was in Rücksicht des Widerstandes des Mediums u. s. f. gesagt worden ist, gleichmäßig auf die Veränderungen der unterhaltenden Kraft (32, 42, 47) anwendbar ist.

53. Ich habe bereits bemerkt (27, 28), daß die Veränderungen allein, welche in dem Widerstande des Mediums u. s. f. auf Uhrpendel sich ereignen, bemerkt werden müssen; aber dieß ist auch der Fall in

Betreff

Betreff der Wirkung der Räder auf das Pendels (50).

54. Was die Unregelmäßigkeit der Wirkung im Räderwerke betrifft, so sind ihre Fluktuationen bleibend und periodisch, und verbessern sich in jedem Zahne selbst; so daß, wenn die Wirkung während der Wirkung irgend eines Zahns, eines Rades nicht merklich wird, es auch der Fall in irgend einer Anzahl von Revolutionen nicht sein werde, denn der Fehler häuft sich keineswegs an.

55. Die Veränderungen, welche in der unterhaltenden Kraft von den verschiedenen Zuständen der Flüssigkeit in dem Oele herrühren, sind von ganz entgegengesetzter Beschaffenheit; denn die Zeiten ihrer Dauer und ihres Wiederkehrens, und folglich die Fehler, die davon herrühren, sind unsicher, da die von äußerlichen Ursachen entstehen, die sich dann häufen, wie ich in der Folge näher erwähnen werde.

Von der Zeit des Ganges während eines Aufzuges.

56. Man hat hierauf bloß in so fern Rücksicht zu nehmen, als man Willens ist, die Maschine mehr oder weniger zusammengesetzt zu machen; denn bei Wanduhren haben wir freie Gewalt, und können willkührlich auf die Lappen irgend einen Grad von Kraft ohne Bezug auf die Fortdauer des Ganges der Uhr wirken lassen: z. B.

57. Wenn der Theorie nach eine Last von zwei Pfund erforderlich ist, um eine Vibration von einer gegebenen Länge z. B. von einem Grade acht Tage lang zu unterhalten, so wird eine Last von acht Pfund die nämliche 32 Tage oder einen Monat unterhalten, und eine Last von 104 Pfund wird es ein ganzes

ganzes Jahr lang thun, angenommen, daß das senkrechte Fallen der Last in jedem Falle einerlei bleibt.

58. Nun wollen wir untersuchen, welcher von diesen drei Fällen in der Ausführung selbst der vortheilhafteste ist.

59. Wenn wir annehmen (57), daß der Einfluß, oder die Wirkung der Räder auf die Lappen in jedem Falle gleich ist, so sind auch die Vibrationen gleich (57); die Anreibung auf die Lappen, deßgleichen auf alle entsprechende Theile einer jeden Uhr wird daher gleich sein; allein die Monatuhr hat ein Rad, und die Jahruhr zwei Räder mehr als die Achttaguhr, wo jedes Rad seine Anreibung hat; es ist folglich die Anreibung in der Monatuhr größer, als in der Achttaguhr; und noch größer in der Jahruhr als bei beiden: Allein

60. Bleibt die Anreibung gleichförmig, so kann eine beigängige Kraft angewendet werden, welche die Wirkung auf die Lappen in jeder Uhr gleich machen wird; in diesem Falle werden die Pendel (wenn alles Uebrige gleich ist) in gleichen Zeiträumen vibriren; auch wird auf ihren Isochronismus auf keine Art der angegebene gleichförmige Unterschied in der Anreibung wirken (50).

61. Indessen wird der Einfluß von Wärme und Kälte auf das angewendete Oel immer suchen, die Wirkung der Räder auf die Lappen, und folglich die Länge der Vibration (52) und den Isochronismus des Pendels (19) zu ändern.

62. Und da dieser Einfluß vernünftiger Weise auf die entsprechenden Theile dieser Uhren gleich angenommen werden kann; so müssen die beigängigen Räder gleichfalls auch ihren eigenen Einfluß äußern, so daß denn der Isochronismus des Pendels bei einer Jahruhr mehr als bei einer Monatuhr, und bei dieser mehr als bei einer Wochenuhr (55) gestört wird.

63. Man kann gewissermaßen sagen, daß aus dem

dem nämlichen Grunde eine 24 Stundenuhr besser gehen werde als eine Achttaguhr; allein die Unbequemlichkeiten, welche den Gebrauch der erstern begleiten, dürfte die Vortheile vielleicht kaum überwiegen.

64. Wenn man sagt, daß Uhren überhaupt zur Zeit, wenn sie aufgezogen werden, entweder stehen, oder eine rükgängige Bewegung haben, und daß dieser Fehler bei Uhren, welche lange gehen, am geringsten sei, so antworte ich, daß jeder gute Mechaniker schon Mittel weiß, dieser Unvollkommenheit abzuhelfen: indessen übergehe ich dieses hier, da es gegenwärtig nicht zu meiner Absicht gehört.

65. Zufolge der vorhergehenden Bemerkungen sieht man denn, daß zu genauer Abmessung der Zeit, Achttaguhren jederzeit solchen von längerer Dauer vorzuziehen sind.

Von der Schwere des Pendels.

66. Da die erzeugte Geschwindigkeit unter gleichen Umständen wie die mitgetheilte bewegende Kraft ist, so folgt,

67. Daß die Zeiträume der Vibration eines Pendels jederzeit umgekehrt wie die bewegende Kraft sein werden. (Man nimmt hier die Vibrationen von einerlei Länge an, oder daß alle Theile, welche die bewegende Kraft ausmachen, die ganze Zeit über fortwirken.)

68. Bei Pendeln ohne Uhrwerke ist die Wirkung der Schwere allein die bewegende Kraft: daher

69. Sind die Vibrationen aller Pendel von einerlei Länge, und die gleiche Bogen beschreiben, unter einerlei Breite isochronisch. (Denn die Wirkung der Schwere und die Kraft der Trägheit werden in einerlei Verhältnisse stehen, welches auch übrigens die Menge der Materie sei.)

70. Allein

70. Allein wenn ein Pendel mit einer Uhr verbunden wird, so machen der Antrieb der Räder nebst der Wirkung der Schwere die bewegende Kraft aus.

71. Jede Veränderung in der Wirkung der Räder auf das Pendel wird daher auch die Zeit der Vibration verändern (67).

72. Und die Veränderungen, welche sich in den Zeiten der Vibration einer Uhr ereignen, werden jederzeit zur ganzen Zeit ihrer Vibrationen beinahe wie die Veränderung in der bewegenden Kraft zur ganzen bewegenden Kraft sein (66, 70).

73. Man sieht also hieraus, daß, wenn alle Umstände gleich sind, je schwerer das Pendulum ist, ein desto geringeres Verhältniß irgend eine Veränderung, als in der Wirkung der Räder Statt finden dürfte, zu seiner ganzen bewegenden Kraft (70) haben werde, und folglich desto geringer die Veränderung in den Zeiträumen seiner Vibration (72), weil die Wirkung der Schwere auf das Pendel unveränderlich an einerlei Orte einerlei ist.

74. Um dieß näher zu erklären, wollen wir annehmen, daß die Wirkung der Räder der Wirkung der Schwere auf das Pendel gleich sei, und diese Wirkung der Räder sei so angebracht, daß sie sich dem Steigen entgegensetze, und das Fallen auf die nämliche Art befördere, wie es bei der Schwere erfolgt: so werden alsdann die Zeiträume der Vibration bloß halb so lang sein, als sie sein würden, wenn die Schwere allein wirkte; denn die Geschwindigkeit wird verdoppelt (66), indeß die Länge der Vibration einerlei bleibt.

75. Wenn nun auf irgend eine Art die Wirkung der Räder auf das Pendel vermindert wird, z. B. $\frac{1}{30}$, so wird die bewegende Kraft des Pendels (70,

74)

74) um $\frac{1}{60}$ vermindert werden, welches gleichfalls auch die Geschwindigkeit in dem nämlichen Verhältnisse vermindern wird.

76. Allein wenn die Schwere des Pendels doppelt so groß als die Wirkung der Räder ist, und ihre Wirkung wird wie vorher um $\frac{1}{30}$ vermindert, so wird sie bloß einen Unterschied von $\frac{1}{90}$ in der Geschwindigkeit verursachen, und so folglich auch in der Zeit (67).

77. Es sei die Schwere des Pendels das Vierfache der Wirkung der Räder, so wird alsdann eine Veränderung von $\frac{1}{30}$ der Wirkung der Räder bloß eine Veränderung von $\frac{1}{150}$ der bewegenden Kraft (70), und folglich in der Geschwindigkeit der Zeiten erzeugen.

78. Es sei die Wirkung der Schwere zu dem Stoße der Räder auf das Pendel wie 100 zu 1, so wird alsdann, wenn die Wirkung der Räder wie vorher durch 30 vorgestellt wird, die ganze bewegende Kraft des Pendels 3030 sein, und eine Verminderung von $\frac{1}{30}$ in der Wirkung der Räder wird eine Veränderung von $\frac{1}{3030}$ in der bewegenden Kraft und Geschwindigkeit des Pendels erzeugen: es wird daher eine Uhr eine Minute in 3030 verlieren.

79. Man sieht also hieraus, daß einerlei Ursache, welche eine Veränderung von 1 Minute innerhalb 1 Stunde mit einem Pendel erzeugt, dessen Schwere gleich der Wirkung der Räder (74) ist, d. i. mit einem Pendel, auf welches der Einfluß der unterhaltenden Kraft und der Schwere gleich ist, und wo jedes davon gleichförmig zu ihrer bewegenden Kraft beitragen, bloß eine Verminderung von 1 Minute innerhalb $1\frac{1}{2}$ Stunde, wenn die Schwere des Pendels doppelt so groß als die Wirkung der Räder (76) ist; eine Minute in $2\frac{1}{2}$ Stunden, wenn die Schwere des Pendels viermal so groß als die Wirkung der Räder (77) ist; und eine Veränderung von 1 Minute in 3030 oder in 2 Tagen 2 Stunden und

30 Mi-

30 Minuten, wenn die Schwere des Pendels zur Wirkung der Räder wie 100 zu 1 ist (78).

80. Es ist also hieraus deutlich, daß die Veränderung in dem Maße der Zeit zur ganzen Zeit (wenn alles Uebrige gleich ist) wie die Veränderung der bewegenden Kraft des Pendels (70) zu dessen ganzen Kraft sei.

81. Die Vortheile der Pendel sind daher unter gleichen Umständen wie ihre Schwere. Indessen ob ich schon hier den Vorzug schwerer Pendel als unbegrenzt annehme, so werde ich doch in der Folge mich bemühen zu zeigen, warum die Ausübung selbst doch gewisse Grenzen hat, und die Theorie verlassen muß.

82. Ich habe hier die Wirkung der Räder als dem ganzen Aufsteigen entgegenwirkend, und das Fallen als beschleunigend betrachtet: in diesem Falle würde dann irgend eine Veränderung darin (wenn wir am Ende der Vibration anfangen) die nämliche Wirkung als eine Veränderuug in der Kraft der Schwere haben; d. i. sie würde die Geschwindigkeit der Zeiten verändern, ohne jedoch den Bogen der Vibration zu verändern.

83. Allein in allen Uhren muß die Wirkung der Räder den Fall mehr beschleunigen, als sie sich dem Steigen der Pendel widersetzt (oder das Gegentheil), und folglich wird der Bogen der Vibration mit der Wirkung der Räder vermehrt oder vermindert, und die Zeiten der Vibration mehr isochronisch gemacht werden, als bereits (79) angegeben worden; indessen aber werden die relativen Verhältnisse der Veränderungen, die sich in den Zeiten zutragen, beinahe einerlei bleiben. Die Höhe, zu welcher ein Pendel steigt, hängt von seiner Geschwindigkeit an dessen unterstem Punkt ab, ohne alle Rücksicht auf die Mittel, wodurch eine solche Geschwindigkeit erzeugt wurde. Daher verbessert denn, obschon die Wirkung der Räder

auf

auf die Lappen den Fall beschleunigt, sie jedoch in gewissem Maße eine solche Beschleunigung in Kreisbogen, indem die folgende Vibration vergrößert wird (19). Dieß ist aber bei cykloidischen Bogen keineswegs der Fall. Ich fahre nunmehro fort die verschiedentlich erlangten Momente der Pendel näher zu betrachten, und mit einander zu vergleichen.

84. Ich habe bereits in diesem Versuche gezeigt, daß die Vortheile langer Vibrationen in einem duplikaten Verhältnisse zu ihren Bogen (41, 47) stehen.

85. Wenn es daher zwei Pendel von gleicher Schwere giebt, welche zugleich gleiche Bogen beschreiben, und es wird verlangt, das Moment in jedem gleichmäßig zu vermehren, allein bei dem einen vermittelst Schwere, bei dem andern aber durch Vergrößerung der Vibration, so kann dieß auf folgende Art geschehen:

86. Man nehme an, jedes Pendel sei 6 Pfund schwer, und vibrire einen Grad von seinem Punkte der Ruhe, so werden ihr Moment und ihre Vortheile gleich sein; werden nun aber ihre Momente gleichmäßig (85) wie oben vermehrt, so muß die Schwere des einen, und der Winkel der Vibration des andern wie in folgender Tafel sein, wo man in der ersten Kolonne die Vermehrung des Moments, und gerade über die Schwere des einen Pendels in Pfunden, und den Winkel der Vibration des andern in Graden und Minuten hat.

Moment	Schwere in Pfunden	Winkel der Vibrat. in Gr. und Min.	
1	6	1	[illegible]
2	12	1	25
3	18	1	44
4	24	2	
5	30	2	15

Moment	Schwere in Pfunden	Winkel der Vibrat. in Gr. und Min.	
6	36	2	27
7	42	2	39
8	48	2	50
9	54	3	
10	60	3	10
20	120	4	28
40	240	6	19
80	480	8	57
100	600	10	1

87. Diese Tafel giebt auch das Moment von einerlei oder gleichen Pendeln, welche unter verschiedenen Winkeln vibriren, z. B.

88. Man suche die Winkel der Vibration in der letzten Kolonne, so findet man gegenüber in der ersten die Momente. Z. B. wenn das eine 1 Grad, und das andere 10 Grade vibrirt, so werden ihre Momente beinahe wie 100 zu 1 sein. Wenn das eine 2 Grade 15 Minuten, und das andere 8 Grade 17 Minuten vibrirt, so werden ihre relativen Momente wie 5 zu 80 sein, und ihre Vortheile in Rücksicht der Verbesserung der Unregelmäßigkeiten des Moments sind dann wie die relativen Momente (47 u. 81), d. i. gerade wie die Schwere, und in dem duplikaten Verhältnisse des Bogens.

89. Um indessen der Absicht näher zu kommen, wollen wir annehmen, daß ein Pendel von 8 Pfund Schwere gegeben sei, welches einen Bogen von 10 Graden von dem niedrigsten Punkte beschreibe; wird nun verlangt, daß ein Pendel gemacht werden solle, das ein gleiches Moment mit dem erstern habe, und bloß 30 Minuten von dem niedrigsten Punkte beschreibe, so muß seine Schwere in der runden Zahl 3000 Pfund betragen, eine Schwere, von welcher ich nicht glaube, daß sie der eifrigste

eifrigste Verehrer kurzer Vibrationen ohne Furcht bei einer Hausuhr anwenden dürfte: indessen findet sich nicht die geringste Wage oder Unbequemlichkeit, das nämliche Moment zu erhalten, wenn man die Vibration wie oben vergrößert.

90. Noch ließe sich in Rücksicht kurzer Vibrationen anführen, daß der Einfluß des Oels auf die Zapfen der Spindel wie der Winkel der Vibration vermindert werde. Allein ist es wohl möglich sich vorzustellen, daß irgend Jemand darauf gedacht haben sollte, ohne erst versucht zu haben, den Einfluß des Oels auf die Lappen zu vermindern, wo die Wirkung wenigstens 200 mal so groß ist?

91. Diejenigen, welchen die Vortheile langer Vibrationen noch nicht Genüge leisten, werden sie in der Folge näher einsehen lernen, wenn wir den Einfluß des Oels auf die Lappen, und den Widestand der Luft näher betrachten. Und

92. Da Einige fragen dürften, was denn doch so viele gelehrte und nachdenkende Personen verleitet haben dürfte, kurze Vibrationen den langen vorzuziehen; so will ich mich bemühn, solche Argumente anzuführen, welche zur Annahme kurzer Vibrationen am meisten beigetragen haben können.

93. Erstlich, weil kurze Bogen eines Kreises wenig von der cykloidischen Krümmung abweichen, so hat man geglaubt, daß sie an den nämlichen Eigenschaften Theil nehmen.

94. Zweitens weil kurze Vibrationen weniger Bewegung dem Aufhängungspunkte mittheilen. Und

95. Drittens weil sie weniger Widerstand von der Luft erleiden, und folglich von einer geringern Kraft unterhalten werden, so hat man sie gegen die längern für vorzüglicher gehalten.

Indessen wir wollen jetzt untersuchen,

ob dieses wahre oder eingebildete Vortheile sind.

96. Da man erstlich zufolge der cykloidischen Eigenschaften kurze Vibrationen angenommen zu haben scheint, so beschränke ich denn hier meine Bemerkungen bloß auf die errichtete Theorie, und übergehe alle Unvollkommenheiten der Materialien oder der Ausführung.

97. Herr Huyghens hat bewiesen, daß ein Pendel, welches in der cykloidischen Krümmung vibrirt, alle seine Vibrationen, sie mögen lang oder kurz sein, in gleichen Zeiträumen vollenden werde (obschon dieser Beweis keineswegs den Einfluß des Mediums in sich begreift); dem zufolge dachte er dann darauf, diese an Uhrpendeln anzuwenden, und suchte dann ein Verfahren auf, wodurch der Mittelpunkt der Oscillation eines Pendels dahin gebracht werden dürfte, um eine Cykloide zu bschreiben.

98. Allein hier wurde der Mittelpunkt der Oscillation as ein fester Punkt innerhalb der Kugel oder Linse angesehen, welches aber bei einem Pendel, das zwischen cykloidischen Blechen vibrirt, nicht der Fal sein kann; denn das Pendel verändert seine Länge in jedem Theile der Vibration, und der Mittelpunkt der Oscillation muß folglich beständig seinen Ort verädern, und solchemnach eine Krümmung beschreiben, die von der Cykloide verschieden ist; auch ist bis gegenwärtig noch kein Verfahren angegeben worden, um dieser Schwierigkeit zu begegnen.

99. Indessen wollen wir annehmen, daß dieser Einwurf gehoben sei, so ist doch das, was von Pendeln bewiesen wird, die eine Cykloide beschreiben, keineswegs wahr, so bald ein solches Pendel an eine Uhr angebracht wird.

100. Isaac Newton entdeckte bald den Fehler des Herrn Huyghens in dieser Rücksicht; denn da, wo er

er zeigt, wie man es anstellen müsse, daß ein Pendel eine Cykloide beschreibe, nimmt er es als einen Punkt an. S. dessen Princ. mathem. Prop. 50.

101. Und wenn er die cykloidischen Eigenschaften eines Pendels (Prop. 51) beweist, sagt er ausdrücklich „daß Schwere allein auf das Pendel wirke;" woraus zugleich erhellet, daß, wenn die Räder einer Uhr auf das Pendel wirken, die cykloidischen Eigenschaften vernichtet werden.

102. Indessen ließe sich doch auch sagen, daß, wenn man die Räder einer Uhr auf das Pendel nach eben der Art wirken läßt, als die Schwere thut, die cykloidischen Eigenschaften erhalten werden können: allein dieß setzt voraus, daß die Wirkung der Räder eben so unveränderlich sei, als die Wirkung der Schwere, welches aber, wie ich glaube, bei keiner Uhr der Fall ist, als bisher verfertiget worden; und wenn irgend eine Veränderung in der Wirkung der solchergestalt angewendeten Räder sich ereignet, so wird sie die nämliche Wirkung auf das Maß der Zeit äußern, als eine Veränderung in der Kraft der Schwere.

103. Auch ist es nicht möglich, die Wirkung der Räder in jeder Rücksicht so zu machen, daß sie mit der Schwere zusammen trifft und zusammen wirkt; denn Schwere befördert den Fall in jedem Punkte, und ist auf gleiche Art dem Steigen entgegen, welches bei der Wirkung der Räder auf das Pendel nicht erfolgen kann; denn

104. Ob sie schon das Fallen auf die nämliche Art befördern kann, als die Schwere thut, so kann sie doch niemals dem Steigen eben so viel und auf die nämliche Art entgegen wirken; denn in diesem Falle würde sie sich selbst entgegen wirken, und aufhören, die Vibrationen zu unterhalten: wovon ich aber in der Folge mehr erläutern werde.

105. Wir

105. Wir wollen daher gegenwärtig unsre cykloidischen Vorurtheile bei Seite legen, und vernünftigere Gründe aufsuchen, wo dann folgende Betrachtungen sich natürlicher Weise selbst darbieten.

106. Wenn cykloidische Bleche angewendet werden, so nimmt man an, daß die längern Vibrationen langsamer sind als die kürzern; indessen, ob dieß freilich der Fall bei freien Pendeln ist, so ist es doch ganz anders bei solchen, die an Uhren mit zurückfallenden Lappen angewendet werden. Denn,

107. Wenn wir der bewegenden Kraft einer Uhr nach zurückfallendem Grundsatze zulegen, so werden ihre Vibrationen länger, und zu gleicher Zeit geschwinder: dieß ist eine Wahrheit, die vielleicht jedem Uhrmacher bekannt sein wird, und wovon Jeder, welcher eine Uhr nach zurückfallendem Grundsatze besitzt, bald überzeugt werden kann. (Man kann hier vielleicht sagen, daß, obschon dieses gewöhnlich, wenn auch nicht allgemein der Fall gewesen ist, doch eine gewisse Art und Größe des Zurückfalls errichtet werden kann, welche in der Ausführung alle Eigenschaften verschaffen wird, als die Cykloide in der Theorie thut *): indessen glaube ich nicht, daß eine solche Untersuchung schwerer ist, als diejenige der Cykloide, und daß die Anwendung einer solchen Theorie auf Praxis noch verwickelter sein müßte als selbst diejenige der Cykloide. Denn angenommen, daß die Art und Größe des Rückfalls untersucht sei, so wird die Anwendung für die Praxis ungleich schwerer sein, als die cykloidischen Bleche, nach Verhältniß als die Fläche der Lappen kürzer ist als solche Bleche. Ich werde in der Folge zeigen, daß bei Uhren, wo die unterhaltende Kraft gleichförmig ist, kreisförmige Vibrationen den cykloidischen vorzuziehen sind; die

*) Berthoud erwähnt dieser Einrichtung bei seinen Untersuchungen dieser Art. S. Uhrmacher, II. Thl.

die nämlichen Einwürfe kommen bei jedem Zurückfall vor, von welcher Art er auch auch übrigens sei.)

108. Wie thöricht würde es also nicht sein, jene geschwindesten Vibrationen noch geschwinder durch die Anwendung der cykloidischen Bleche zu machen!

109. Sieht man nun also, daß die Anwendung der Cykloide an Uhren selbst in der Theorie das Uebel verschlimmert: was muß nicht alsdann geschehen, wenn noch die Unvollkommenheiten der Ausführung, die Elasticität der cykloidischen Bleche, außer den mancherlei Veränderungen, welche sich darin von Hitze und Kälte erzeugen, und die übeln Wirkungen hinzukommen, als von der Korrosion der Metalle u. s. f. entstehen können! (Dieß bezieht sich vornämlich auf solche Uhren, welche einen Zurückfall haben, und welches der Fall mit den meisten gewesen ist, woran cykloidische Bleche angebracht worden sind, deßgleichen bei allen Uhren des Herrn Huyghens: allein ich werde am gehörigen Orte zeigen, daß die cykloidischen Vibrationen den kreisförmigen in einem resistirenden Medium nachstehen, dessen Dichtigkeit veränderlich ist, wie auch übrigens die Einrichtung der Lappen sein dürfte.)

110. Ich kann hier die Wirkung der cykloidischen Bleche mit ruhender Hemmung nicht untersuchen, ohne die Theorie der Lappen vorauszusetzen; ich werde mich aber in der Folge bemühen, die Unzweckmäßigkeit jeder Anwendung derselben zu zeigen, da die Wirkung der Dichtigkeit der Luft auf die bewegende Kraft des Pendels genau mit den Wirkungen ihres Widerstandes in kreisförmigen Bogen das Gleichgewicht hält, in so fern als sie auf das Maß der Zeit Einfluß haben, wie ich am gehörigen Orte zeigen werde.

111. Es scheint also hier, daß wir vernünftiger

Weise

Weise folgern können: daß kurze Vibrationen keine größern Vortheile von irgend einer Verwandtschaft ziehen, als man annehmen dürfte, daß sie dieselbe zur Cykloide haben sollte, als die Cykloide selbst besitzt.

112. Ob nun schon alles dasjenige, was von der Cykloide bewiesen worden ist, eben so unausschließlich in Uhrpendeln gewesen, wie bei eingebildeten, so würde doch keineswegs folgen, daß kurze Bogen irgend mehr von den cykloidischen Eigenschafen besitzen dürften, als gerade Linien von den Eigenschaften kurzer Bogen haben; wenn nun eine dergleichen mindere Genauigkeit als mathematische Schlüsse angenommen werden, so dürfen wir uns eben nicht wundern, wenn wir hören, daß behauptet worden, daß es keinen Unterschied zwischen einer Cykloide und einem halben Kreise gebe; wir können uns bei einer solchen Schlußfolge selbst hintergehen, allein wir können keineswegs die Natur zwingen, den kleinsten Theil des einen für einen Theil des andern zu nehmen.

113. Was die Bewegung betrifft, die dem Punkte der Aufhängung mitgetheilt werden kann (94), so will ich hier nur bemerken, daß sie vortheilhafter verhindert werden kann, wenn man den Punkt der Aufhängung unbeweglicher macht, als daß man die Vibration kürzer mache, weil auf diese Art wir den einen Vortheil erhalten können, ohne indessen den andern zu verlieren. Doch hiervon werde ich in der Folge mehr erwähnen.

Von dem Widerstande der Luft.

114. (Unter dem Widerstande der Luft verstehen wir hier bloß die Wirkungen ihrer Kraft der Trägheit,

wodurch

wodurch die Bewegung der Körper, welche durch sie hindurch gehen, vernichtet wird: Wirkungen von solcher Art, als von ihrer verschiedenen Schwere herrühren, unabhängig von ihrer Kraft der Trägheit, werden wir zu Ende dieses Versuchs näher untersuchen.) Ich habe bemerkt (27, 28), daß wir bloß auf die Veränderungen Rücksicht nehmen, welche sich in der Luft ereignen; wenn nun solchemnach kurze und lange Vibrationen gleich gefunden werden, so sind letztere zufolge der bereits angeführten Gründe (89, 47) allerdings vorzuziehen.

115. Da der Widerstand der Luft die Zeit des Steigens (17) eben so viel verkürzt, als er die Zeit des Fallens (17) verlängert; so nehme man ein Steigen und ein Fallen zusammen, wo dann irgend eine Veränderung in dem Widerstande bloß auf die Zeiten wirken kann, indem die Vibrationen länger oder kürzer gemacht werden (19). (Isaac Newton im 2. Coroll. zur Prop. 27. Princ. math. V. 2. erwähnet, daß die Zeit des Fallens eines Körpers, welcher an einen Faden aufgehangen worden und pendelartig schwingt, durch den Widerstand der Luft etwas mehr verlängert wird, als die Zeit seines Steigens beschleuniget wird, und zwar in dem Verhältnisse, als das Fallen länger ist, als das folgende Steigen; welches aber keineswegs der Fall bei Uhrpendeln ist, wo die Zeit des Fallens durch die Wirkung auf die Lappen verkürzt wird; und wenn der Widerstand, welcher von der Kraft der Trägheit der Luft entsteht, dahin strebt, die Vibrationen in kreisförmigen Bogen (19) nach Verhältniß ihrer Dichtigkeit kürzer und geschwinder zu machen, so sucht die spezifische Schwere der Luft, unabhängig von der Kraft der Trägheit, sie in dem nämlichen Verhältnisse langsamer zu machen. Man sehe das 6. Coroll. zur

Prop.

Prop. 24. seiner Princ. wo er sagt: „daß die komparative Schwere die bewegende Kraft eines Körpers in irgend einem himmlischen Medium sei, und daher in einem solchen nicht resistirenden Medium eben das thue, als bei der absoluten Schwere in einem leeren Raume der Fall ist." Doch hiervon in der Folge mehr.) Es wird daher

116. Der Isochronismus bei solchen Vibrationen, welche die geringste verhältnißmäßige Veränderung in ihrer Länge (14) von irgend einer Veränderung in dem Widerstande der Luft, oder in der unterhaltenden Kraft, erleiden, am wenigsten geändert.

117. Der Widerstand, welchen ein Pendel in freier Luft antrifft, steht in einem duplikaten Verhältnisse zur Länge der Vibration: und der Widerstand, den die Schwere auf das Steigen des Pendels verursacht, ist gleichfalls in dem nämlichen Verhältnisse.

118. Alles, was daher in Rücksicht der komparativen Vortheile langer und kurzer Vibrationen (von 29 bis 48) erwähnet worden ist, ist auf den gleichförmigen Widerstand der Luft gleichfalls anwendbar. Hier muß ich noch bemerken, daß der gleichförmige Widerstand der Luft die Wirkung irgend einer Veränderung in der unterhaltenden Kraft in dem duplikaten Verhältnisse des Bogens der Vibration, Taf. I. Fig. 1 und 2, zu vermindern strebt, wo der Widerstand der Luft sowohl als derjenige der Schwere durch die senkrechten Höhen (117) d. i. die Quersinus vorgestellt werden können, so daß ersterer eine ähnliche Wirkung mit dem letztern zu Erhaltung der Vibration von einer mehr gleichen (41, 46, 47) und isochronischen Länge (14) haben muß.

119. Und obschon der ganze Widerstand bei langen Vibrationen ungleich größer ist, als bei

kurzen,

kurzen, so wird doch die Veränderung, welche irgend eine Aenderung in der Dichtigkeit der Luft in dem Widerstande verursachen dürfte, in keinem geringern Verhältnisse zum ganzen Widerstande bei kurzen Vibrationen, als bei langen stehen: Es sind daher (116, 118),

120. Wenn kein andrer Umstand, als der gleichförmige Widerstand der Luft Statt fände, die längern Vibrationen bei Uhrpendeln den kürzern ungleich vorzuziehen; auch machen die Veränderungen, welche bei einem solchen Widerstande Statt finden, sie nicht geringer (119). Wenn ein Pendel am Ende seiner Vibration sich einem festen Körper nähert, so kann der Zurückstoß der Luft von einem solchen Körper das Fallen beschleunigen, und solchergestalt sowohl die Zeiten des Steigens als auch des Fallens kürzer machen, weswegen denn Uhrpendel so vielen Raum haben sollten, daß sie niemals zu nahe dem Gehäuse kommen können.

121. Viele Liebhaber kurzer Vibrationen könnten sich indessen auf das beziehen, was Isaac Newton im 2. Coroll. zur 27. Prop. V. 2. seiner Princ. geschrieben; allein ich getraue mir zu behaupten, daß, wenn sie aufmerksam das überlegen, was er dieserwegen niedergeschrieben hat, sie bald finden werden, daß nichts davon auf Uhrpendel anwendbar sei.

122. Seine Worte sind, „daß die kürzern Oscillationen isochronischer sind, und sehr kurze beinahe in gleichen Zeiträumen wie in einem nicht resistirenden Medium geschehen." (Unter einem nicht resistirenden Medium wird hier ein Medium verstanden, welches keine Kraft der Trägheit hat; auch wird zugleich hierunter verstanden, daß seine Dichtigkeit einerlei bleibt: außerdem würden die Zeiträume

der

der Vibration selbst in einem nicht resistirenden Medium verändert werden.)

123. Allein wir müssen hier noch bemerken, daß das, was er bewiesen hat, ausdrücklich von Körpern zu verstehen sei, welche pendelartig an einen Faden aufgehangen sind, um sie von solchen Körpern zu unterscheiden, die eine unterhaltende Kraft haben, und in einer steten Bewegung erhalten werden.

124. Seine Meinung ließe sich daher folgendergestalt ausdrücken: da der Widerstand der Luft in einem subduplikaten Verhältnisse der Geschwindigkeit ist, so müssen die längern Vibrationen (wo es keine unterhaltende Kraft giebt) mehr Bewegung verlieren, als es bei kürzern der Fall ist; und wenn die Vibrationen sehr kurz werden, so ist der Widerstand so geringe, daß keine merkliche Wirkung in der Länge oder Zeit einer großen Menge von Vibrationen Statt findet.

125. Jeder, welcher mit gehöriger Aufmerksamkeit seine Beweise in Rücksicht der Pendel liest, wird deutlich einsehen, daß er keinesweges zur Absicht hatte, daß sie von solchen verstanden werden sollten, als an Uhren angebracht werden; denn,

126. Wenn er das Verfahren angiebt, ein Pendel in einer Cykloide (Prop. 50.) oscilliren zu lassen, so setzt er sie als einen Punkt voraus, welche Voraussetzung in seinen Beweisen alle Unregelmäßigkeiten aufhebt, welche in denjenigen des Herrn Huyghens gefunden werden können, der ausdrücklich Uhrpendel versteht, und zum Mittelpunkte der Oscillation einen festen Punkt innerhalb derselben angiebt. Doch hiervon in der Folge mehr.

127. Ueberdieß sagt Isaac Newton, wo er die Eigenschaften der Pendel beweist, welche in einer

Cykloide

Cykloide oscilliren (Prop. 51.), „daß Schwere allein darauf wirke;“ läßt sich hieraus nicht folgern, daß der Zusatz von irgend einer andern Kraft diese Eigenschaften zerstören würde?

128. Wenn irgend ein fernerer Beweis noch erforderlich schiene, daß unser großer Philosoph keineswegs verstand, daß irgend ein Beweis von Körpern, welche an einen Faden pendelartig aufgehangen sind, von Uhrpendeln zu verstehen sei, und daß er vollkommen die Veränderungen einsahe, die die Anwendung einer Uhr auf die Bewegung eines Pendels verursachen würden;

129. So könnte ich noch ferner bemerken, was er in dem angeführten Korollarium (121) sagt, „daß die Zeiträume derjenigen (Vibrationen), welche in größern Bogen geschehen, etwas größer sind, weil der Widerstand beim Fallen des Körpers, wodurch die Zeit verlängert wird, nach Verhältniß zu der während des Fallens beschriebenen Länge größer ist, als der Widerstand bei dem folgenden Steigen, wodurch die Zeit verkürzt wird. Es ist nämlich der Widerstand in jedem, wie die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten, d. i. wie die Quadrate der beschriebenen Räume; wenn nun die beschriebenen Räume einerlei bleiben, so würde es auch der Widerstand sein: allein da dieses der Fall nicht ist, so sieht man wohl, daß das, was Isaac Newton hier erwähnet, keineswegs von Pendeln zu verstehen sei, welche eine unterhaltende Kraft haben, denn es setzt jedes folgende Steigen kürzer voraus, als das vorhergehende Fallen, welches sich in Ruhe endigen muß.

130. Allein sobald als ein Uhrwerk an ein Pendel angebracht wird, so geschieht das Fallen in kürzerer Zeit als das Steigen, weil die Wirkung der Räder das Fallen beschleuniget, und jedes folgende

Steigen eben so lang macht, als das vorhergehende; überdieß erwähnt er dessen, was er von Uhrpendeln verstanden haben will ausdrücklich. Man sehe davon Cor. 2. Prop. 53. Princ. math.

131. Es scheint daher nicht, daß kurze Vibrationen irgend Vortheile von ihrer angenommenen Verwandschaft mit der Cykloide erlangen, noch daß Isaac Newton irgendwo die Absicht habe, sie an Uhren zu empfehlen; wäre die Verbesserung der Uhrwerke sein Bewegungsgrund zum Schreiben gewesen, so ließe sich nicht zweifeln, daß er eben so viel mathematische Einsicht und Genauigkeit darin gezeigt haben würde, als er bei andern Gegenständen gethan hat; allein seine Aussichten giengen ungleich weiter.

132. Wir müssen daher von kurzen Vibrationen bloß vermöge der bekannten Eigenschaften des Kreises urtheilen; und haben wir alsdann eine wahrscheinliche Theorie, so müssen nunmehr Versuche ihren Werth ferner bestimmen.

133. Eine Ursache mehr gegen kurze Vibrationen und schwere Pendel ist, daß die Feder, welche das Pendel trägt, in eben dem Verhältnisse stärker sein muß, als das Pendel schwerer ist; da nun aber alle Federn ihre Dimensionen, und folglich ihre elastische Kraft durch Hitze und Kälte verändern, so folgt, daß

134. Solche Veränderungen in jeder Feder in einem gewissen Verhältnisse zu der ganzen elastischen Kraft stehen müssen; es werden daher die Veränderungen, welche in den Kräften verschiedener Federn durch gleiche Veränderungen in ihrem Grade von Wärme und Kälte entstehen, zu einander wie die relativen Kräfte solcher Federn sein; und,

135. Ob ich schon bisher die bewegende Kraft des Pendels als ganz von der Schwere und der Wirkung der Räder zusammengesetzt betrachtet habe (70); so wäre

wäre es doch thöricht, wenn ich dazu nicht auch die elastische Kraft der obigen Feder beifügen wollte, da sie sich dem Steigen eben so viel, und auf die nämliche Art widersetzt, als sie das Fallen vermehrt, und folglich ein beständiges Streben äußert, die Zeiträume der Vibration zu verkürzen. Einige wählen dieserwegen steife Federn, da sie am meisten gegen das Ende der Vibrationen Widerstand leisten, wo sie dann in einem gewissen Grade die Eigenschaften der Cykloide erlangen; allein irgend eine Veränderung in der Wirkung dieser Federn hat die nämliche Wirkung wie eine Veränderung in der Kraft der Schwere, welches dann die Zeiträume der Vibration in cykloidischen sowohl als in kreisförmigen Bogen verändert.

136. Auch wird die Wirkung, welche diese elastische Kraft auf die Zeiträume der Vibration haben wird (80), wie die elastische Kraft zu der bewegenden Kraft des Pendels sein; und

137. Da die Veränderungen in dieser Kraft bei verschiedenen Federn beinahe wie ihre ganze Kraft sind (134), so folgt, daß die relative Wirkung, als solche Veränderungen in der Kraft der Federn auf die Zeiten der Vibration haben dürften, genau wie die ganze Kraft solcher Federn sein werde.

138. Da nun aber die Kraft solcher Federn so wie die Schwere des Pendels wachsen muß, so werden die Veränderungen, welche in den Zeiträumen sich zutragen, wie die Schwere des Pendels sein (137); und sind folglich die Momente gleich, so wird sie bei kurzen Vibrationen ungleich größer sein, als bei langen (89). Auch wird die Centrifugalkraft langer Vibrationen bei ihren niedrigsten Punkten beinahe bei schwerern Pendeln mit dieser Unbequemlichkeit im Gleichgewichte stehen.

139. Vielleicht werden Verschiedene erwarten, daß ich hier der genauen Gränzen für die Länge der

Vibra-

Vibrationen, und der Schwere der Pendel erwähnen dürfte, allein ungeachtet aller Bemühung, eine Parallele zwischen den Vortheilen eines jeden zu ziehen, behaupte ich doch keineswegs, Andern zur Ausübung Regeln vorzuschreiben; denn ob ich mich schon im Allgemeinen Pendel von 6 bis 16 Pfund bediene, welche von 3 bis 6 Grad von dem Punkte der Ruhe vibriren, d. i. Bogen von 6 bis 12 Grad; so halte ich doch keineswegs dieses als die äußersten Gränzen, sondern ich glaube vielmehr, daß Vibrationen mit vielen Vortheilen bis zu 10 Grad auf jeder Seite vom Punkte der Ruhe vermehrt werden können; indessen erfordert dieses fernere Untersuchung in Rücksicht der Vervollkommnung in Uhrwerken, wovon ich in der Folge mit mehrern reden werde.

140. Bei dieser Untersuchung in Rücksicht der Natur der Vibrationen habe ich mich bemühet, solche Folgerungen zu ziehen, welche Jedermann verständlich sind, wenn er auch die Vortheile der mathematischen Erziehung und Unterweisung nicht genossen haben sollte; auch wünsche ich, daß, ungeachtet ich alle Gründe zu meiner Behauptung angehäuft habe, man sie jedoch unpartheiisch untersuche, um zu keinen Irrthümern Veranlassung zu geben.

141. Einige fernere Bemerkungen und Einwendungen gegen cykloidische Vibrationen habe ich für den fernern Theil dieses Versuchs verspart, wo die verschiedenen Wirkungen solcher Veränderungen, als sich in der Dichtigkeit der Luft zutragen, in nähere Betrachtung gezogen werden sollen.

142. Solchergestalt habe ich denn gezeigt, daß die Vortheile verschiedener Vibrationen zu Berichtigung des Einflusses von irgend Veränderungen, welche sich in der unterhaltenden Kraft zutragen können, unter übrigens gleichen Umständen in dem duplikaten

Ver-

Verhältnisse ihrer respektiven Längen (41, 47) stehen;

143. Daß der beständige Widerstand der Luft das nämliche Bestreben äußere, irgend eine Unregelmäßigkeit in der unterhaltenden Kraft zu berichtigen, und der Länge der Vibration Gränzen zu zu setzen, als die Wirkung der Schwere hat (118);

144. Und daß ein solcher gleichförmiger Zuwachs der Anreibung, als bei Vermehrung der unterhaltenden Kraft Statt findet, keinen Einfluß auf die Ausführung der Uhr habe (50, 60);

145. Daß der Widerstand des Medium einerlei Wirkung bei Veränderung der Länge der Vibration habe, als das Vermindern der unterhaltenden Kraft haben werde (51, 52), und daß folglich das, was ich von erstern erwähnet habe (41, 47), gleich anwendbar auf letzteres sei;

146. Daß kurze Vibrationen keine Vortheile erlangen, wenn sie durch eine geringere Kraft nach Verhältniß ihres Moments unterhalten werden, als lange Vibrationen sind (48 bis 51);

147. Daß kein Verfahren noch bis gegenwärtig ist aufgefunden worden, den Pendeln die wahren cykloidischen Eigenschaften zu geben (98, 99); und daß irgend ein zurückbleibender Fehler durch Vergrößerung der Vibration vermindert werde; (41, 47).

148. Daß, alles das angenommen, was Herr Huyghens von der Cykloide bewiesen hat, kurze Vibrationen in einem Kreise keine Vortheile von ihrer damit angenommenen Verwandtschaft ziehen (112);

149. Daß der Widerstand der Luft bloß die

Zeiträume der kreisförmigen Vibration verändern könne, indem ihre Längen dadurch verändert werden (115);

150. Daß Isaac Newton nirgends kurze Vibrationen für Uhren empfohlen habe; auch hatte er keineswegs die Absicht, daß seine Beweise für an einem Faden pendelartig aufgehangene Körper auf irgend eine Art an Uhrwerken angewendet werden sollten (121 bis 133);

151. Daß in einem größern Grade und mit mehrern Vortheilen das Moment in langen als in kurzen Vibrationen (133 bis 138) erhalten werden könne, und daß im Ganzen lange Vibrationen den kurzen nur bei einem einzigen Umstande nachstehen, welches von den Unvollkommenheiten der Ausführung herrührt, und daher durch gehörige Sorgfalt in der mechanischen Bearbeitung vermieden werden kann (113), wie ich in der Folge zeigen werde.

152. Aus allem dem kann denn gefolgert werden, daß lange Vibrationen von gleichen Ursachen weniger leiden als kurze: welches also den ersten Theil der Theorie der Uhrmacherkunst (5) beschließt. Ich gehe daher nunmehr zum zweiten über, wo zugleich noch andre Gegenstände zur Bestätigung dessen dienen werden, als ich bereits angeführt habe.

153. Der Gegenstand der Untersuchung in dem zweiten Theile dieses Versuchs ist, welche Einrichtung einer Uhr am wenigsten den Isochronismus von einerlei Pendel zu verändern bemüht ist.

154. Was den Einfluß der Wärme und Kälte auf das Pendel, und die Unregelmäßigkeiten bei Rädern und Trieben betrifft, die beinahe in allen Uhren Statt finden, so verspare ich die nähere Bestimmung dieserwegen bis an einen andern Ort, und bemerke hier

hier bloß, daß überhaupt gleiche Ursachen auch gleiche Wirkungen erzeugen.

155. Der Einfluß von Wärme und Kälte auf das Oel, welches bei Uhren angewendet wird, ist von ungleich unregelmäßiger Natur; denn die Eigenschaften des Oels werden mit der Zeit vermöge der Bewegung der Uhr in so fern verändert, daß gleiche Grade von Wärme und Kälte verschiedene Wirkungen zu verschiedenen Zeiten äußern werden, welches es denn unmöglich macht, ein Hülfsmittel vermöge der Expansion der Metalle anzuwenden, und so gewisser Maßen an einem vollkommenen Hülfsmittel ganz zu zweifeln, in so fern als man die Anwendung des Oels nicht ganz bei Seite setzt, wobei aber gleichfalls Schwierigkeiten Statt finden, so daß wir am Ende finden werden, daß wir bei einem beträchtlichen Aufwande bloß eine kleinere Unvollkommenheit für eine größere ausgetauscht haben.

156. Ich werde mich indessen hier bemühen zu zeigen, wie diese Unvollkommenheit sehr vermindert werden könne, und welche Bauart einer Uhr davon den geringsten Einfluß erleide, wenn diese Unvollkommenheit solchergestalt vermindert worden ist.

157. Da eine geringere Menge Oel durch die Bewegung früher vernichtet wird, als eine größere, so wird die Wirkung vermindert, und der Ursache ungleich verhältnißmäßiger gemacht, wenn man dem Zapfen eine größere Menge Oel giebt, welcher sich aber in einem Metalle befinden muß, was nicht so leicht angefressen wird, als es beim Messinge der Fall ist. (Der theuere Preis der Diamante und Rubine ist die einzige Ursache, warum ich die Anwendung derselben nicht empfehlen kann, da ich hier besonders von Verbesserungen solcher Uhren rede, als zu häuslichem

Gebrauche bestimmt sind, und wo folglich alle Unkosten so viel als möglich vermieden werden müssen.) Die meisten Oele, wofern sie nicht durch Kälte concentrirt worden sind, enthalten mehr oder weniger salinische, saure oder wäßrige Partickelchen, und nicht selten alle dreie zugleich, welche dann das Messing anfressen, und welche solchergestalt angefressenen Theile sich dann damit vermischen und das Oel zerstören: auch muß man darauf Rücksicht nehmen, daß man sich keines weichen Metalls bediene, welches sich unter dem Hammer treiben läßt, so fein es übrigens auch sei, denn der Staub u. s. f. werden darin hängen bleiben, und die Zapfen anfressen: ich habe mich zu dieser Absicht vorzugsweise vor allem andern Metalle des gehärteten Stahls bedient *).

158. Wenn einerlei Oel bei einer Menge von Uhren angewendet wird, so werden gleiche Grade von Wärme und Kälte gleiche Wirkungen auf die Flüssigkeit desselben in jeder Uhr ohne Rücksicht auf ihre bewegenden Kräfte erzeugen. Es wird daher

159. In irgend einer Menge von Uhren, deren bewegende Kräfte sind wie 5, 10, 20, 40 u. s. f. und bei denen einerlei Oel angewendet, und sie gleichen Einflüssen von Wärme und Kälte ausgsetzt werden, irgend eine Veränderung von

*) Herr Cummings erwähnet hier eines gewisser Maßen ganz neuen Verfahrens. Physikalischen Gründen nach scheinen stählerne Zapfenlöcher widersprechend zu sein, weil die Reibung von Stahl auf Stahl stärker ist, als von Stahl auf Messing; indessen dürfte die ganze Härte, die man dem Stahle läßt, als hier die Reibung verursacht, und überdieß die genaue Politur dieser Theile doch hier einen Unterschied machen, wovon ich aber freilich keine hinreichenden Versuche habe. Man wird in der Folge sehen, daß Cummings diesen Satz auch selbst auf das Steigerad anwendet. Ueberdieß wird man aber auch leicht einsehen, daß unter diesen Umständen das Oel vollkommen rein sein müsse, weil sonst irgend salinische Partickelchen bei stählernen Zapfenlöchern noch mehr schaden dürften, als es Cummings bei messingenen befürchtet.

von Wärme oder Kälte ihre bewegenden Kräfte (158) gleichmäßig vermehren oder vermindern; nehmen wir also eine Verminderung von einem Grade in jeder an, so werden alsdann die bewegenden Kräfte, welche auf die Lappen wirken, wie 4, 9, 19, 39 u. s. f. sein, so daß die Veränderung zur ganzen bewegenden Kraft in jeder umgekehrt ist, wie die bewegenden Kräfte zu einander.

160. Allein die unmittelbare Veränderung, welche irgend eine Aenderung in der bewegenden Kraft zu Abmessung der Zeit verursachen wird, wird zur ganzen Zeit sein, wie die Veränderung in der bewegenden Kraft zur ganzen bewegenden Kraft des Pendels (80).

161. Jede Uhr fährt fort, ihre Vibration zu vermehren, bis der Widerstand der Luft u. s. f. der unterhaltenden Kraft gleich wird; das vermehrte Moment in dem Pendel vermehrt sich also mit der unterhaltenden Kraft; und da das Moment beinahe wie die bewegende Kraft der Räder vermehrt wird, und die komparativen Einflüsse des Oels sich in einerlei Verhältnisse vermindern, so folgt, daß

162. Die Einflüsse des Oels auf den Gang einer Uhr, wenn alles Uebrige gleich ist, beinahe in dem umgekehrten duplikaten Verhältnisse der bewegenden Kraft der Räder wirken werden (161). Es wird daher,

163. Obschon die Bearbeitung aller Uhren so beschaffen sein sollte, daß ihre Bewegung so frei und leicht als möglich sei, kein Vortheil erhalten, wenn man die kleinsten Gewichte anwendet, als die Bewegung des Pendels unterhalten dürften, sondern vielmehr das Gegentheil. Dieß zeigt freilich von der Sorgfalt und Einsicht des Künstlers, allein so wie diese Absicht erreicht worden ist, so muß

dann

dann die bewegende Kraft vermehrt werden, um die Ausführung zu vervollkommnen (162).

164. Beispiel: Eine Uhr, welche acht Tage mit zwei Pfund Gewicht gehen dürfte, wird die Zeit immer ungleich besser abmessen, wenn man ihr ein Gewicht von zwölf Pfund giebt; denn das Moment des Pendels wird auf diese Art beinahe wie 12 zu 2 vermehrt (161), und der Einfluß des Oels wird in dem nämlichen Verhältnisse vermindert (160); die Veränderungen also, welche in dem Maße der Zeit durch gleiche Veränderungen in dem Oele geschehen, werden in dem erstern Falle zur Veränderung in dem letztern wie 36 zu 1 sein. (Ich habe angenommen, daß das Moment beinahe wie die unterhaltende Kraft vermehrt werde, welches in Rücksicht der einfachen Erläuterung keineswegs aber in der Absicht einer Täuschung geschehen: sieht man nun, daß die Vortheile mit der unterhaltenden Kraft, obschon nicht in dem genauen hier angegebenen Verhältnisse wachsen, so ist meine Absicht erreicht.)

165. Man sieht also hieraus, wie sehr diejenigen irren, welche bei Uhren sehr schwache Gewichte anwenden; denn obschon eine größere Schwere des Gewichts eine Vermehrung der Anreibung bewirkt, so beweist es doch bloß, daß die längern Vibrationen mehr unterhaltende Kraft in der Praxis als in der abstrakten Theorie nöthig haben (50). (Man sieht auch, daß eine Vermehrung der unterhaltenden Kraft selbst ohne Rücksicht auf die Vermehrung des Moments, welches dadurch erhalten wird, vortheilhaft ist. Es ist daher bei kurzen Vibrationen kein so großer Vortheil, wenn sie mit einem kleinern Gewichte unterhalten werden; denn wäre die unterhaltende Kraft eben so gleichförmig einerlei, wie die Aeußerung der Schwere, so würde sie eine eben so vortheilhafte bewegende Kraft sein: es ist daher nicht die

Größe,

Größe, sondern die Unregelmäßigkeit der unterhaltenden Kraft, welche der Ausführung der Uhren schadet: es muß daher die regelmäßigste ohne Rücksicht auf das Verhältniß vorgezogen werden, das in Rücksicht des Moments des Pendels Statt hat.)

166. Was bisher in Rücksicht des Einflusses des Oels erwähnet worden ist, ist besonders von demjenigen zu verstehen, welches für Zapfen angewendet wird; denn ob es sich auch schon auf das Oel bezieht, was für die Lappen angewendet wird, so ist doch die Wirkung irgend einer Veränderung desselben ungleich größer, als bisher erwähnet worden ist, denn jede Verminderung in seiner Flüssigkeit strebt, sowohl das Moment zu vernichten, welches das Pendel bereits erlangt hat, als auch die unterhaltende Kraft zu vermindern; es streben daher Wirkung und Gegenwirkung, den Isochronismus des Pendels zu verändern.

167. Wenn der Einfluß des Oels auf irgend einen Zapfen während einer Revolution durch 1 ausgedrückt wird, so wird der Einfluß zweier Revolutionen 2 sein, bei drei Revolutionen 3 u. s. f. Der Einfluß des Oels auf irgend einen Zapfen in irgend einer gegebenen Zeit wird daher wie die Anzahl seiner Revolutionen sein.

168. Der beschriebene Raum ist also wie die Revolutionen, daher denn der Einfluß des Oels (unter gleichen Umständen) wie der beschriebene Raum sein wird.

169. Auf diese Art kann denn der komparative Einfluß des Oels auf jeden Zapfen in einer Uhr gefunden werden, wenn man auf ihre verschiedenen Durchmesser Rücksicht nimmt. Beispiel: Wenn das Steigerad 60 Revolutionen bei einer des Minutenrades macht, so wird, wenn ihre Zapfen von gleicher Größe wären, der Einfluß des Oels auf den erstern

zu

zu dessen Einflusse auf den letztern wie 60 zu 1 sein; allein nimmt man an, daß die Zapfen des Minutenrads dreimal so stark sind, als diejenigen des Steigerades, so wird der relative Einfluß darauf sein, wie 20 zu 1.

170. Will man daher den Einfluß des Oels auf jeden Zapfen in einer Achttaguhr vorstellig machen, so kann es nach folgender Tafel geschehen:

Räder	Revolutionen	Mittlere Stärke der Zapfen	Einfluß des Oels
Erstes Rad	1	7	7
Minutenrad	12	3	36
Drittes Rad	96	$1\frac{1}{2}$	144
Sekundenrad	720	1	720

171. In der ersten Kolonne findet man also das Rad, in der zweiten ihre Anzahl von Revolutionen, in der dritten die mittlere Stärke beider Zapfen, und in der vierten den Einfluß des Oels: woraus man sieht, daß der Einfluß auf die Zapfen des Steigerads beinahe viermal so groß ist, als auf alle übrige Zapfen in der Uhr.

Wir wollen nunmehr den Einfluß des Oels auf die Lappen näher untersuchen.

172. Es sei ABC Taf. II. das Steigerad einer Uhr, und HKD der Haken; läßt man nun das Pendel unter dem kleinsten Winkel vibriren, als das Rad abfallen kann, so wird der Einfluß des Oels auf die Lappen während einer Vibration wie die Länge der Fläche FA oder CD sein, worauf das Rad wirkt (168), und solchemnach der Einfluß während zwei Vibrationen wie diese beiden Flächen; wird nun daher AO gleich FA und CD zusammengenommen gemacht, so wird dieß den Einfluß während zwei Vibrationen geben; nun ist aber AO größer als der Bogen ALM, daher er auch in einem größern Verhältnisse zu irgend einer dritten Größe sein wird, und da ferner der Einfluß

ist

ist wie die Räume (168), so wird folglich der Einfluß auf OA in einem größern Verhältnisse zum Einflusse auf die Zapfen des Steigerades sein, als der Einfluß auf den Bogen ALM darauf hat: wir wollen aber hier den Einfluß bloß wie den Bogen ALM annehmen, wo alsdann der Einfluß auf die Lappen während einer Revolution des Steigerads zu dem Einflusse auf die Zapfen desselben wie der Durchmesser des Rades zum mittlern Durchmesser beider Zapfen sein wird.

173. Man kann hier sagen, daß, obschon dieser Einfluß zu einerlei Zeit auf beide Zapfen Statt hat, so ist dieses doch auf die Lappen nicht der Fall, sondern Wirkung und Gegenwirkung äußern beiderseits Wirkung (166) darauf, welches bei keinem andern Theile des Movements Statt hat; der geringste Einfluß, der möglicherweise auf die Lappen (172) Statt haben kann, wird daher zu dem Einflusse auf beide Zapfen des Steigerads sein, wie der Umkreis des Rades zum mittlern Umkreise beider Zapfen.

174. Wir können mit allem Rechte annehmen, daß der Umkreis des Steigerads zu demjenigen der Zapfen desselben wie 50 zu 1 ist, in welchem Falle denn der Einfluß des Oels auf die Lappen bei der geringsten möglichen Vibration zum Einflusse auf die Zapfen des Steigerads wie 50 zu 1 (173) sein wird; nun haben wir aber bereits bewiesen, daß der Einfluß des Oels auf die Zapfen des Steigerads viermal dem Einflusse auf alle übrige Zapfen (171) gleich ist; der geringste mögliche Einfluß also, welchen das Oel auf die Lappen äußern wird, ist zweihundertmal so groß, als der Einfluß auf alle diese übrigen Zapfen, oder vierzigmal so groß, als der Einfluß auf alle Zapfen, diejenigen des Steigerades mit inbegriffen.

175. Ich

175. Ich habe bisher die Vibrationen so klein angenommen, als nur das Abfallen des Rades gestattet, in welchem Falle denn der Einfluß der nämliche sein wird, der Haken sei nun entweder zurückfallend oder ruhend; allein

176. Wir wollen jetzt den Haken ruhend, und die Vibration verdoppelt annehmen, wo alsdann das Rad den Kreisbogen des Lappens machen, und jeder Zahn sich von F nach P, und von P nach F wieder bewegen wird, ehe er anfängt, auf die Fläche FA zu wirken; der Einfluß (168) des Oels wird daher jetzt zu demjenigen, als er erst war, wie zweimal FP nebst FA zu FA sein; und ist FP zu FA wie 2 zu 3, so wird zweimal FP zu FA sein, wie 4 zu 3; daher denn der Einfluß (168) auf die Lappen zu demjenigen, als er vorher war (174), wie 7 zu 3 sein wird, und zu dem Einflusse auf alle Zapfen beinahe wie 92 zu 1, oder zu dem Einflusse auf alle Zapfen, diejenigen des Steigerads ausgenommen, beinahe wie 466 zu 1; dieß halte ich für das allgemeine Verhältniß des Einflusses auf die Lappen bei Grahams Uhren, und überhaupt bei allen andern, welche mit geringem Gewichte gehen, und wo die Lappen in des zwölften Zahn des Steigerads greifen. (Taf. III. Fig. 3. stellt die Länge des Lappens, und die Entfernungen des Mittelpunkts der Stange von demjenigen des Steigerads nach der Anzahl der Zähne des Rades, in welche die Lappen einfallen, von 2 zu 12 vor: woraus man sieht, daß der Abstand dieser Mittelpunkte der Sekante, und die Länge der Lappen der Tangente des halben Winkels ist, als am Mittelpunkte des Steigerads vermöge einer solchen Menge von Zähnen Statt findet.)

177. Wir wollen jetzt obige Lappen zurückfallend annehmen, und untersuchen, welches

welches der Einfluß auf dieselben sein werde, wenn alles Uebrige gleich ist.

178. Man verlängere AF Taf. II. nach H, welches die Fläche geben wird, worauf das Rad wirkt; nach der Figur wird FO größer sein als FA, denn sie spannen gleiche Winkel am Mittelpunkte; indessen wollen wir sie hier als gleich annehmen. Nun falle der Zahn C von dem Lappen CD, so wird der Zahn M bei F anfallen, nachdem die ganz Vibration geschehen ist; d. i. es wird, wenn das Pendel am Ende seines Bogens ist, der Zahn M bei O sein, von wo er denn bis A zurückgehen muß, ehe er von dem Lappen fallen kann. Man sieht also hieraus, daß in jeder Vebration der Zahn auf dem Lappen einen Raum gleich dreimal AF beschreibt; der Einfluß des Oels also auf die Lappen während jeder Vibration wird in diesem Falle zu dem Einflusse auf FA wie 3 zu 1 sein.

179. Und (174) der ganze Einfluß auf die Lappen wird hier zum Einflusse auf alle Zapfen wie 120 zu 1 sein; nun ist aber bewiesen worden, daß der Einfluß auf den ruhenden Haken zu demjenigen auf alle Zapfen wie 92 zu 1 (176) sei; es ist folglich der Einfluß des Oels auf die Lappen mit Zurückfall zu dem Einflusse mit der Ruhe (in diesem Falle) wie 120 zu 92.

180. Ich habe in obigen Bewegungen bloß den Einfluß auf die Lappen allein betrachtet, allein setzen wir dazu noch den beigängigen Einfluß auf die Zapfen mit dem Zurückfalle, so wird alles größer, als angegeben worden ist; denn der ganze Einfluß auf die Zapfen wird wie der von der Spitze irgend eines Zahns im Rade beschriebene Raum während 60 Vibrationen zu dem Umkreise des Rads sein.

181. In

181. In der obigen komparativen Uebersicht ist die Fläche des Lappens als eben angenommen worden, indessen lassen sich die Beweise auch anwenden, wenn wir sie als krumm annehmen, nur daß in diesem Falle der Einfluß nach Verhältniß wächst, als die Länge dieser Krümmung zu der geraden Linie von beiden Enden beschaffen ist, wo denn der relative Einfluß auf alle Theile dieser beiden Uhren folgender ist:

Auf alle Zapfen	mit der Ruhe	1
	mit Zurückfall	3
Auf die Lappen	die kleinste mögliche	40
	ruhend und doppelte Vibration	92
	zurückfallend u. doppelte Vibr.	120

(Wir behaupten hier indessen nicht, daß dieses Verhältniß allgemein Statt hat, vielmehr wird es nach Verhältniß der Größe des Zurückfalls verschieden sein, allein damit doch immer größer als bei ruhender Hemmung.)

182. Nachdem wir nun den Einfluß des Oels auf die Lappen betrachtet, und gezeigt haben, daß er bei gleichen Umständen jederzeit bei der zurückfallenden Hemmung größer ist, als bei der ruhenden, so wollen wir nun ferner untersuchen, wie dieser Einfluß durch die Einrichtung gewöhnlicher Lappen vermindert werden kann.

183. Nach Taf. II. sehen wir, daß die ruhende Hemmung besonders die Absicht hat, den Zurückfall und die schädlichen Wirkungen desselben aufzuheben, und daß bei Lappen, wo die Anreibung und der Einfluß des Oels Statt findet, kein Vortheil durch Vermehrung der Zeit der Ruhe erhalten wird. Beispiel:

184. Wenn das Pendel irgend einen Winkel OKM vibrirt, so muß die Krümmung des Lappens diesen

diesen ganzen Winkel, oder doch beinahe wie PA überspannen: denn überspannte die Krümmung bloß die Hälfte des Winkels wie FA, so würde der Einfluß des Oels in dem Verhältnisse wachsen, als zweimal FP nebst FA zu PA ist; nun sind aber PF und FA zusammen größer als PA, es wird also zweimal PF und FA ungleich größer sein als PA, und folglich (168) die Anreibung und der Einfluß des Oels in dem nämlichen Verhältnisse vermöge der solchergestalt vermehrten Zeit der Ruhe vermehrt werden.

185. Da alle Uhren geschwinder vibriren, wenn das Oel rein und flüssig ist, als nachdem es schmutzig und zähe geworden, so müssen wir jederzeit den Bogen der Ruhe wie PF annehmen, daß er einen Winkel gleich der größten Veränderung überspannt, als nach dem verschiedenen Zustande des Oels Statt haben kann; auch muß hier keine große Abweichung darin Statt finden, weil Uhren jederzeit ausgeputzt werden sollten, wenn die Vibration merklich sich vermindert.

186. So wäre es denn sehr vortheilhaft, daß bei Bearbeitung der Lappen für die ruhende Hemmung dieserwegen mehr Sorgfalt genommen würde, und daß ferner die Zeit der Ruhe nicht länger sei, als schlechterdings erforderlich ist.

187. Indessen sehen wir immer, daß Einige die Zeit der Ruhe vermehren, während dem Andre das Nämliche mit dem Zurückfalle thun, beide in der Absicht einer nähern Vervollkommnung, ungeachtet im Ganzen genommen die Vermehrung der Zeit der Ruhe, wo der Einfluß des Oels Statt findet, das Uebel vermehrt, obschon freilich nicht so sehr als es bei einer gleichen Vermehrung des Zurückfalls der Fall ist (182).

188. Hier findet gleichfalls die Bemerkung Statt, daß der Einfluß des Oels auf die Lappen jederzeit bei langen

langen Vibrationen größer sein müsse, als bei kurzen, denn PA ist länger als FA; allein wenn auch dieß insgemein der Fall ist, so folgt doch nicht, daß es so bleiben müsse; denn

189. Bei gleichen Vibrationen ist dieser Einfluß wie die Länge der Lappen, wie man Taf. III. Fig. 1. sieht, wo die Art der Wirkung von vier Lappen vorgestellt ist, deren Länge wie 1, 2, 3 und 4 ist; wenn der Bogen der Ruhe und die Krümmung in jedem einerlei Winkel überspannen, wie durch die punktirten Linien vorgestellt worden, so sieht man leicht ein, daß der Einfluß des Oels und der Anreibung in jedem, wie die Länge der Lappen von dem Mittelpunkte der Bewegung zum Punkte der Wirkung sind, welche Länge der Lappen unter gleichen Umständen von der Anzahl der Zähne abhängt, in welche sie greifen, wie man Fig. 3. Taf. III. sieht (176).

190. Wenn daher die Vibration vermehrt wird, so müssen die Lappen vermindert werden, so daß man immer darauf Rücksicht nehmen muß, sie niemals länger zu machen, als schlechterdings erforderlich ist, weil auf diese Art kein Vortheil erhalten werden kann, indeß die mindern Vortheile anschaulich sind (189).

191. Da Einige der Meinung sind, daß ein längerer Lappen die Bewegung eines Pendels mit geringerer Kraft unterhalten werde, als ein kürzerer, so muß ich mich noch einmal auf Taf. III. Fig. 1. beziehen, wo man sehen wird, daß das, was an Kraft vermöge der Länge des Lappens erhalten wird, vermöge der Neigung der Fläche, auf welche dieses Rad wirkt, wieder verloren geht; will man die Neigung in allen Lappen gleich machen, und solchergestalt einen Vortheil in Verhältniß zu ihrer Länge erhalten, so erinnere man sich, daß, wenn die Kraft viermal so stark wirkt, sie bloß ein Viertheil

der

der Zeit wirken werde, und daß folglich, was an Kraft gewonnen wird, an Zeit wieder verloren geht. Im Ganzen genommen wird,

192. Da die Kraft des Steigerades begränzt ist, jeder Versuch, seine Wirkung durch Verlängerung der Lappen zu vermehren, fruchtlos sein, denn es kann von den Lappen nicht abfallen, so kurz sie auch sind, ehe es seine ganze Kraft darauf geäußert hat. Beispiel: Jeder Künstler weiß, daß die Aeußerung der Schwere auf Körper, welche auf geneigte Flächen fallen, jederzeit wie die senkrechte Höhe ist, und daher keine Kraft durch Verlängerung der Fläche erhalten wird; der Fall ist genau der nämliche in Rücksicht langer und kurzer Lappen: denn ist das Rad vermögend, eine gewisse Kraft bei einer ganzen Revolution zu äussern, so kann es doch nicht mehr als den sechsten Theil dieser Kraft in dem sechsten Theile seiner Revolution bewirken, d. i. während einer Vibration. (Die progressive Bewegung des Rades in dem einen Falle kann eigentlich mit dem senkrechten Fallen in dem zweiten Falle verglichen werden, weil jede die Richtungslinie der Kraft ist, vermöge welcher ihre Aeußerung jederzeit geschätzt werden kann.)

193. Man könnte indessen sagen, daß, wenn der Einfluß des Oels so groß wäre, wie oben angenommen worden, seine Wirkungen auf den Gang der Uhren ungleich merklicher sein würden, als es doch der Fall ist. In der That würde auch, wenn keine andere Unvollkommenheit Statt fände, diese Wirkung beträchtlich werden, allein da die Anreibung auf die Lappen sowohl als der Einfluß des Oels wie der Raum wächst, welchen die Zähne des Steigerads auf den Lappen beschreiben, so ersetzt, indeß das Oel durch die Wärme verdünnt wird, die Vermehrung der Anreibung auf die Lappen, die von der Vergrößerung der Vibration herrührt, zum Theil die Vermehrung

der

der Kraft, und erhält die Länge der Vibration unter gleichen Umständen gleichmäßiger, als wenn keine Anreibung Statt fände, und umgekehrt. (Es ist hier keineswegs die Absicht, die Anreibung auf die Lappen als ein erforderliches Hülfsmittel gegen die Unvollkommenheit in der Bauart zu empfehlen: denn könnte sie bis zu einem solchen Grade vermindert werden, daß die Anwendung des Oels unnöthig wäre, so würde die Vibration auf diese Art solchergestalt vermehrt werden, daß der Einfluß durch irgend eine Veränderung in der Zähigkeit des Oels auf die Zapfen (41, 173, 174) ungleich geringer würde. Sie dient daher bloß als ein Mittel zu Verminderung eines Uebels, wovon sie die Ursache ist, niemals aber vollkommen ersetzt, so wie denn auch in keiner Rücksicht der Vortheil dem Nachtheile gleich ist, wie ich in der Folge näher bemerken werde.)

194. Allein die Wirkungen der Anreibung auf die Lappen können niemals den Einfluß des Oels aufheben, weil erstere von mehr gleichförmiger, letztere aber dagegen von ungleich mehr veränderlicher Beschaffenheit ist.

195. Wärme verlängert die Pendelstange einer Uhr, und verursacht, daß sie langsamer geht; eben diese Wärme macht auch das Oel flüssiger; und da solchergestalt die Wirkung des Steigerads auf die Lappen vermehrt wird, so erfolgt ein geschwinderer Gang, besonders bei der zurückfallenden Hemmung.

196. Auf diese Art wirken denn die Wirkungen der Wärme und Kälte auf das Pendel nebst der Anreibung auf die Lappen (193) jederzeit einander entgegen, und übersteigen in manchen Fällen auch wohl den Einfluß des Oels auf die Lappen u. s. f. (193, 195), so daß denn solchergestalt die ganze Veränderung in dem Gange der Uhren zu den Ursachen überhaupt

in

in einem geringern Verhältnisse steht, als es der Fall wäre, wenn sie einander nicht entgegen wirkten, oder wenn jede sich besonders äusserte. Aus allem diesem sieht man:

197. Daß das Oel von einer veränderlichen Natur ist, und daß kein vollkommnes Hülfsmittel angewendet werden kann, um die entgegengesetzten Wirkungen zu erhalten (155, 194);

198. Daß eine Vermehrung der bewegenden Kraft in Uhren die relative Wirkung eines solchen Einflusses auf jeden Theil des Movements und die Lappen (162) vermindern wird;

199. Daß eine größere Menge Oel seinen Einfluß geringer und ungleich gleichförmiger machen wird (157);

200. Daß die zurückfallende Hemmung den Einfluß des Oels und der Anreibung auf alle Zapfen sowohl als auf die Lappen vermehrt, welches bei der ruhenden Hemmung der Fall nicht ist;

201. Daß der Einfluß und die Anreibung auf die zurückfallenden Lappen unter gleichen Umständen größer sind als auf die ruhenden (181);

202. Daß der Einfluß des Oels und der Anreibung auf solche Lappen am geringsten ist, wo der Zurückfall oder die Zeit der Ruhe am kleinsten ist (187): daher

203. Die Krümmung (oder Fläche der Wirkung) des Lappens beinahe den ganzen Winkel der Vibration (184) überspannen muß, wo Anreibung Statt findet;

204. Daß der Einfluß des Oels bei Lappen größer ist, deren Ort der Wirkung eine Krümmung ist, als denjenigen, welche gerade sind;

205. Daß der Einfluß unter gleichen Umständen wächst, so wie der Durchmesser des Steigerads größer ist (172); (Hier wächst die Anreibung nicht in dem

Verhältnisse wie der Einfluß des Oels, was man sehen kann, wenn wir auf die Natur des horizontalen Rades und Cylinders Rücksicht nehmen.)

206. Daß der Einfluß des Oels und der Anreibung sich wie die Länge der Lappen (189) vermehrt;

207. Daß kein Vortheil durch lange Lappen, sondern vielmehr das Gegentheil erhalten wird, und daß sie daher so kurz gemacht werden sollten, als die Umstände es gestatten (191); (Diese Regel findet indessen bei Lappen nur Statt, wo Anreibung sich äussert; in der Folge werde ich zeigen, wie ein beträchtlicher Vortheil durch Verlängerung dieser Lappen erhalten werden kann, die weder Anreibung noch Zurückfall haben.)

208. Daß der Einfluß des Oels und der Anreibung in langen sowohl als kurzen Vibrationen (190, 172) eben so viel vermindert werden könne;

209. Und daß die Areibung auf die Lappen dem Einflusse des Oels entgegen wirkt, allein denselben niemals ganz aufhebt (193, 194).

210. So habe ich mich denn bemüht zu zeigen, wie die Veränderungen, welche in der Flüssigkeit u. s. f. des Oels Statt finden, auf den Gang der Uhr wirken, und in wie fern die Wirkung ohne große Kosten vermindert werden kann: in so fern nun das, was ich hier angeführt habe, zum nähern Unterrichte dienen kann, oder zu näherer Untersuchung zu führen im Stande ist, so habe ich meine Absicht erreicht.

211. Ich fahre nunmehr in der Untersuchung der verschiedenen Verfahrungsarten fort, welche bisher angewendet worden sind, um den Einfluß des Oels aufzuheben.

212. Wenn zwei harte Körper sich an einander reiben, so entsteht ein Widerstand, welchen wir insge-

insgemein die **Anreibung** nennen; ob wir nun schon aus Versuchen von geringer Dauer, die zu verschiedenen Zeiten wiederholt werden, keinen merklichen Unterschied in diesem Widerstande gewahr werden, so vermehrt er sich doch durch Fortsetzung, so daß er in einigen Fällen selbst der bewegenden Kraft gleich wird. —

213. Wenn eine gewöhnliche Uhr ohne Oel in Gang gesetzt wird, so ist die Bewegung anfangs vollkommen frei: nach und nach verliert sie aber ihre Vibration, und bleibt am Ende ganz stehen; ist nun das Reiben stetig, so werden die Zeiten, in denen es erfolgt, durch Vermehrung des Drucks, oder der relativen Geschwindigkeiten der reibenden Oberflächen verkürzt. (Die Anwendung des Oels wird aber die Bewegung unmittelbar wieder herstellen, welches beweist, daß eine solche Abnahme nicht bloß von dieser Rauhigkeit der Oberflächen, als insgemein Statt findet, herkommt.)

214. Alle feste Körper werden durch Anreibung oder durch Attrition jeder Art erwärmt, welche solchergestalt erzeugte **Wärme** wenigstens in einem Grade der Kraft und Geschwindigkeit verhältnißmäßig ist, womit die Körper auf einander wirken; auch ist es nicht unwahrscheinlich, daß sie die Poren der Metalle öffnet, oder andre dergleichen Veränderungen in ihrer Textur bewirkt, um **diese Vermehrung der Anreibung** zu erzeugen; um nun **diesen** schädlichen Wirkungen zu begegnen, hat man bei Uhren **Oel** angewendet; kann nun durch irgend mechanische Mittel die Anreibung vermieden werden, so wird die Anwendung **desselben** dadurch unnöthig, und sein Einfluß findet folglich nicht mehr Statt.

215. **Auf diese Art** hat man Friktionsrollen *)

 ange-

*) Von solchen Friktionsrollen hat besonders Berthond in seinen Seeuhren häufige und glückliche Anwendungen besonders in Rücksicht der Unruhe gemacht.

angebracht, so wie denn auch in der That, wenn die Materialien und die Ausführung in aller Vollkommenheit angenommen, und auf die Kosten nicht Rücksicht genommen werden dürfte, die Anreibung der Zapfen auf diese Art zu gewöhnlichen Absichten vollkommen Genüge leisten würde, daher ich denn auch die Anwendung derselben keinesweges mißbillige, bis etwa ein einfacheres und wirksameres Hülfsmittel ausgefunden werden dürfte, wovon ich an seinem Orte mehr erwähnen werde.

216. Der folgende Versuch, den Einfluß des Oels auf die Zapfen aufzuheben, rührt von Herrn Huyghens her, dessen er in seinem Horologium oscillatorium, welches im Jahr 1673 herausgekommen, mit folgenden Worten erwähnet: „An dasjenige Rad, welches dem Pendel am nächsten ist, und sägeartige Zähne hat, hängen wir ein kleines Gewicht vermittelst einer schwachen Kette, wodurch dieses Rad allein bewegt wird, indeß alle übrige Räder der Maschine bloß dazu dienen, um dieses kleine Gewicht alle halbe Minuten aufzuziehen.“

217. Herr Huyghens erwähnet, daß er diese Einrichtung bei zwei Federuhren angewendet habe, welche im Jahr 1664 zur See gegangen, um die Länge zu entdecken, und daß ihre Bewegung durch dieses Mittel (zu Lande) gleichförmiger gewesen, als bei irgend einer seiner vorhergehenden Uhren: er beschreibt sie vollständig nebst einer Nachricht von dem Erfolge in dem erwähnten Werke von S. 16 bis 21, worauf ich mich hier beziehe.

218. Der Vortheil dieser sinnreichen Erfindung ist bei Federuhren, welche zu Lande gebraucht werden, offenbar deutlich: denn wir erhalten solchergestalt die bequeme Einrichtung der Feder (als der ersten bewegenden Kraft) und eine mehr gleichförmige Wirkung der Schwere zu

Unterhaltung der Vibrationen; indessen können wir daraus dessen ungeachtet noch nicht folgern, daß solchergestalt ein Uhrwerk vervollkommnet worden sei *).

219. Ich habe bereits gezeigt (174), daß das kleinste mögliche Verhältniß, als der Einfluß des Oels auf die Lappen zum Einflusse auf alle Zapfen in einer Achttaguhr (diejenigen des Steigerads abgerechnet) besitzt, wie 200 zu 1 ist. Diese Einrichtung kann daher nur den zweihundertsten Theil des ganzen Einflusses des Oels bei einer Achttaguhr aufheben. (Nach dem, als ich bereits (176) angeführt habe, sieht man, daß der Einfluß des Oels auf die Lappen und auf die Zapfen des Steigerads zusammen genommen 466 mal so groß ist, als auf alle übrige Zapfen in einer Achttaguhr, ungeachtet wir ihn hier bloß zu 200 annehmen.)

220. Dem Ansehen nach sollte man in der That glauben, daß ein großer Vortheil erhalten werden dürfte, indem man dadurch die Unregelmäßigkeiten der Wirkung in den Rädern aufhebt; allein man muß auch bedenken, daß dieses kleine Gewicht alle halbe Minuten aufgewunden werden muß, und daß das Steigerad eben so oft den Theil auslösen müsse, als es aufzieht: es erfolgt daher solchergestalt eine periodische Ungleichheit in der Wirkung des Steigerads auf die Lappen, welche eben diesen Antheil hat, als die periodischen Fluktuationen in der Wirkung der Räder und Triebe, wie wir in der Folge zeigen werden. Im Ganzen sieht man denn,

221. Daß selbst bei feststehenden Uhren diese

*) Nach den ähnlichen Versuchen, welche Berthoud bei einer seiner Seeuhren angestellt hat, hat er keine Vortheile davon verspürt. Harrison hat sich bei seinem Time-keeper eines ähnlichen Laufwerks bedient, so wie in der Folge davon noch fernere Anwendungen geschehen sind, deren ich auch im Uhrmacher erwähnt habe.

diese Einrichtung bloß dazu dient, um die Unvollkommenheiten der Hauptfeder aufzuheben, und solchergestalt die Wirkung auf die Lappen so gleichförmig zu machen, wie bei Uhren, wo Schwere die erste bewegende Kraft ist, und sonach den zweihundertsten Theil des Einflusses des Oels auf das ganze Movement aufzuheben (174).

222. Vermöge dieser Untersuchung wollen wir indessen keineswegs eine Erfindung herabwürdigen, welche so viel Beurtheilungskraft zeigt, wenn auch die größern Vortheile dadurch nicht erhalten werden, noch die Verdienste eines Mannes zu schmälern suchen, dem übrigens die Uhren ihre größte Vollkommenheit zu verdanken haben; allein ich habe Beweise jederzeit der Meinung vorgezogen, ohne jedoch sie herabzuwürdigen, wo erstere der letztern entgegen sind.

223. Wenn ich von Taschenuhren reden werde, wird man finden, daß die Vortheile der obigen Einrichtung bei einer tragbaren Maschine nicht einmal so groß sein können, als bereits angegeben worden, sondern daß sie dem Baue mehr hinderlich ist; indessen wollen wir hier annehmen, daß sie alle verlangte Wirkung äußere, und daß der Einfluß des Oels auf alle Zapfen ganz vermieden werde, so bleibt doch immer noch der Einfluß auf die Lappen, und so folglich bloß $\frac{1}{40}$ des ganzen Einflusses auf die Uhr aufgehoben wird (181). (Was hier zugestanden worden, dient bloß zur Erläuterung, denn diese Einrichtung hat kein Bestreben, den Einfluß des Oels auf die Zapfen des Steigerads aufzuheben, oder zu vermindern, ihr größter Vortheil ist daher 221 angegeben.)

224. Alle übrige Versuche, die von Mechanikern in der Folge zu Aufhebung des Einflusses des Oels auf die Lappen gemacht worden sind, sind mir ganz unbekannt; so wie denn auch alles, was in dieser Rücksicht

ferner

ferner gethan worden, die erwünschte Wirkung nicht geäußert hat; denn es ist nicht nur erforderlich, den Einfluß des Oels aufzuheben, sondern es muß auch überdieß keine andre Ursache sich zugesellen, die ähnliche Wirkungen erzeugen dürfte.

225. Ich habe bei Herrn John Harrison zu Rad Lion Square, und bei Herrn Hindley zu York Lappen von sehr sinnreicher Einrichtung gesehen, wo die Anreibung und der Einfluß des Oels beinahe ganz vernichtet waren, allein wo ich nicht irre, so ereigneten sich, so wie diese aufgehoben worden, andere Unvollkommenheiten, die aber, wenn sie auch den erstern nicht gleich kommen, doch immer ernsthafte Aufmerksamkeit verdienen.

226. Die Einrichtung, deren sich beide wegen ihrer mechanischen Fähigkeit so verdiente Personen bedient haben, war beinahe gleich, und wesentlich in nichts von einander verschieden; allein Herr Harrison erwähnte, „daß bei seinem Regulator die Wirkung des Rades auf das Pendel mit der Wirkung der Schwere darauf einerlei sei" (wodurch ich verstehe, daß die Wirkung des Steigerads auf die Lappen in jedem Theile der Vibration sich auf die nämliche Art vermehrte oder verminderte, als die Wirkung der Schwere auf die Linse des Pendels that). Auch äußere ich nicht im Geringsten Zweifel in diese Behauptung, ob ich schon diese Lappen nicht gesehen habe; allein ich begreife jedoch nicht, welche eigentliche Vollkommenheit dadurch entstehen soll; kein solcher Versuch geschahe indessen, so viel ich mich erinnere, bei der Einrichtung des Herrn Hindley, sondern bei den Lappen, wie ich sah, waren folgende Bedingungen gemeinschaftlich: (Wir finden in den Philosophischen Transaktionen Vol. XLVII. S. 517. und

und in dem Supplementbande zu Herrn *Hinton's* Dict. of Arts u. s. f. unter dem Artikel Pendel, daß diese Art, die Wirkung der Räder auf das Pendel überzutragen, verhindert, daß von dem verschiedenen Widerstande der Luft keine Störung erfolgt. Allein ich sehe keineswegs, daß eine so übelgegründete Behauptung mit Herrn Harrisons Einwilligung selbst geschehen sein sollte, da sich leicht beweisen läßt, daß eine solche Anwendung der unterhaltenden Kraft dem Gange der Uhr durch Vermehrung der Wirkungen schaden müsse, die bei irgend einer Veränderung in der Dichtigkeit der Luft außerdem auf das Maß der Zeit haben würden. Vermindert nicht jede Vermehrung der Dichtigkeit (oder Widerstand) in der Luft den Winkel der Vibration? und folglich diese beschleunigende Wirkung auf die Lappen (226); wie kann alsdann letztere mit der erstern das Gleichgewicht halten, wenn sich die eine vergrößert, indeß die andere vermindert wird? Und angenommen, daß diese beschleunigende Wirkung sich mit der Dichtigkeit der Luft vermehrte oder verminderte, so würde doch ihre Wirkung auf das Maß der Zeit nicht besser sein, als bereits angegeben worden, wofern wir nicht annehmen, daß die Zeit des Steigens eines Pendels sowohl, als die Zeit seines Fallens durch den Widerstand der Luft vermehrt werde. Nun aber lehrt Isaac Newton, daß die Zeit des Steigens verkürzt, und die Zeit des Fallens durch eben diesen Widerstand verlängert wird: auch ist es nicht schwer (wenn es erforderlich wäre), diese Behauptung durch Versuche zu beweisen, wovon ich aber am gehörigen Orte mehr erwähnen werde.)

227. Erstlich, daß die Zähne des Rades sich nicht auf den Lappen reiben, sondern fortfahren, wechselsweise während ihrer respektiven Vibrationen darauf zu wirken oder zu drücken.

228. Zweitens, daß der eine Lappen nicht von

von selbst von dem Rade abfalle, ehe der andere zu wirken anfängt, um solchergestalt einen Zurückfall oder eine rückgängige Bewegung des Rades zu verursachen, welches bei solchen Hemmungen ungleich wichtiger war als bei gewöhnlichen.

229. Drittens, daß, während der progressiven Bewegung des Rades eine schwache Feder gebogen wird, welche den Lappen von dem Rade frei macht, sobald als der Zurückfall anfängt.

230. Viertens, daß wenn der Lappen solchergestalt von dem Rade abfällt, er von einer andern Feder gefangen werde, welche dient, ihn in einer gewissen Lage zu halten, in welcher die Zähne des Rades ihn jederzeit finden können.

231. Fünftens, daß während der rückgängigen Bewegung des Rades diese zuletzt erwähnten Federn gebogen werden, wodurch sie dem Steigen des Pendels entgegen wirken, und durch ihr Aufbiegen sein Fallen befördern.

232. Die Folgerung in Rücksicht dieser Lappen muß ich verschieben, bis die Wirkung des Zurückfalls überhaupt erkläret worden, wozu ich jetzt übergehen will.

233. Ich habe bereits bemerkt, daß die ruhende Hemmung erfunden worden, um die übeln Wirkungen des Zurückfalls (183) aufzuheben, und gezeigt, daß der Einfluß des Oels und der Anreibung auf die Lappen mit dem Zurückfalle größer ist, als da, wo keiner Statt findet (182): gegenwärtig will ich denn die komparativen Vortheile der ruhenden und zurückfallenden Hemmung untersuchen, wenn weder Anreibung noch Einfluß des Oels Statt findet.

234. Alle Haken haben entweder Zurückfall oder nicht: im erstern Falle heißt die Hemmung zurückfallend, im zweiten ruhend, welches

welches die beiden Arten sind, worauf sich denn auch Alles, was ich nunmehr noch darüber sagen werde, ohne Ausnahme, so verschieden auch die Bauart sein dürfte, als man nur möglicherweise erfinden kann, anwenden läßt, weil es ganz auf die Größe des Zurückfalls, unabhängig von allen andern Umständen, ankommt.

235. Die Wirkung der Räder in allen Uhren dient dazu, die Vibrationen zu unterhalten, deren Revolutionen die Anzahl der Vibrationen bestimmen; diese sind die Absichten, welchen die unterhaltende Kraft in allen Uhren entsprechen muß. Indessen haben es Verschiedene versucht, die Vibrationen dadurch isochronischer zu machen, daß sie einen Zurückfall geben, und so auf diese Art die Wirkung der Räder dem Steigen des Pendels am Ende seiner Vibration entgegen wirke, welche Gegenwirkung der Räder sie der ungleich mehr unveränderlichen Gegenwirkung der Schwere vorziehen, weil erstere wie die unterhaltende Kraft wächst und abnimmt, und folglich dem Steigen am meisten entgegen wirkt, wo es das größte Bestreben äußert, seine Gränzen zu erweitern: allein dieser eingebildete Vortheil verschwindet, wenn wir bedenken, daß,

236. Wenn der Zahn C Taf. II. von dem Lappen CD abgefallen ist, der Zahn M auf den Lappen HA bei F fallen, und, da das Pendel weiter fortgeht, das Rad auf den Lappen eine rückgängige Bewegung haben werde; wir wollen sie von F nach O annehmen, so sieht man wohl, daß das Rad das Fallen beschleunigen, und das nächste Steigen vermöge seiner Bewegung von O nach F um so viel verlängern wird, als es dem Steigen vermöge seiner Bewegung von F nach O entgegenwirkte und es beschleunigte, so

daß

daß auf diese Art die Wirkung von O nach F, und der Widerstand von F nach O einander genau das Gleichgewicht halten, so weit als es sich auf die Länge der Vibration bezieht; daher

237. Kann ein Zurückfall kein Bestreben äußern, die Länge der Vibrationen mehr oder weniger gleichförmig zu machen, noch die Bewegung zu unterhalten. (Die Wirkung der Anreibung auf die Lappen wird in der Folge näher betrachtet, und ihr schädlicher Einfluß auf den Gang gezeigt werden, selbst wenn auch ein Bestreben Statt hätte, die Vibrationen mehr von gleichförmiger Länge zu unterhalten.)

238. Es ist bekannt, daß jeder Anwachs an Kraft der Schwere die Bewegung eines Pendels beschleunigt, und seine Zeit der Vibration verkürzt; und daß die Zeiten des Aufsteigens und Niedersteigens durch dieses Wachsen der Schwere (17) gleichförmig verkürzt werden. Wir können daher sicher annehmen, daß Alles, was sich dem Steigen eines Pendels widersetzt, seine Zeit der Vibration um eben so viel verkürzt, als es das Niedersteigen befördert hätte. Jede Kraft also, welche sich sowohl dem Steigen widersetzt, als auch das Fallen eines Pendels befördert, muß eine doppelte Wirkung auf seine Zeiten der Vibration erzeugen. (Ich bemerke hierbei, daß jede mit der Schwere mitwirkende Kraft die Zeiten der Vibration beschleunigt, und die entgegenwirkende Kraft sie verlängert. Daher wird jede Kraft, welche während der Zeit des Aufsteigens wirkt, und sie befördert, oder sich dem Niedersteigen widersetzt, die Zeiten verlängern, worauf man sorgfältig Rücksicht nehmen muß, denn auf diesen Grundsatz kann die unterhaltende Kraft solchergestalt gerichtet werden, um

die natürlichen Zeiten der Vibration entweder zu verlängern oder zu verkürzen.)

239. Auf diese Art sieht man also, daß jede Veränderung in der Wirkung der Räder während der Zeit des Zurückfalls eine doppelte Wirkung zu Veränderung der natürlichen Zeiten der Vibration (238) ohne das geringste Bestreben äußern werde, die Länge davon gleichförmiger zu machen (237). (Sollte man aber ja behaupten, daß das Zurückfallen die Zeiten der Vibrationen von verschiedenen Längen isochronischer machen dürfte, ohne irgend ein Bestreben zu äußern, ihren Längen Gränzen zu setzen, so muß die Art und Größe des Zurückfalls mit eben so großer Genauigkeit untersucht werden, als die cykloidischen Eigenschaften, in welchem Falle es ganz unnöthig und unschicklich sein wird, die cykloidischen Bleche anzuwenden; auch kann keine solche Untersuchung, als bereits erwähnt worden ist, gemacht werden, ehe nicht jede besondere Wirkung, als die Anwendung einer Uhr auf das Pendel hat, genau berichtiget worden; und selbst alsdann ist sie den nämlichen Einwürfen mit den cykloidischen Vibrationen ausgesetzt, wie ich in der Folge näher erwähnen werde.)

240. Wenn eine gewisse Kraft eine gewisse Geschwindigkeit giebt, so wird eine doppelte Kraft eine doppelte Geschwindigkeit geben, und so eine dreifache Kraft eine dreifache Geschwindigkeit u. s. f. und die in gleichen Zeiten beschriebenen Räume werden wie die respektiven Geschwindigkeiten sein, d. i. wie die respektiven Kräfte.

241. Wenn daher die angebrachte Kraft und Geschwindigkeit eines Pendels verdoppelt wird, und die Länge der Vibration bleibt die nämliche, so wird die Anzahl der Vibrationen verdoppelt werden; allein wird gleichfalls auch die Länge der Vibrationen verdoppelt,

so

so werden sie in einerlei Zeiträumen geschehen, als es bei denen von ihrer halben Länge mit der Hälfte der Geschwindigkeit der Fall ist; überhaupt wenn die Länge der Vibration wächst, werden die Zeiten gleich der angewandten Kraft sein; es würde daher in dieser Rücksicht sehr unschicklich sein, einen Zurückfall in der Voraussetzung anzuwenden, um alle Vibrationen von einer mehr gleichförmigen Länge zu machen. [Die nämliche Einwendung außer mehrern andern findet sich bei der nähern Berichtigung der Länge der Vibration vermittelst Vermehrung der Anreibung (259, 260).]

242. Es kann indessen von Einigen angeführt werden, daß der Widerstand am Ende der Cykloide größer ist, als bei kreisförmigen Bogen, und daß daher vermöge einer solchen Vermehrung des Widerstandes am Ende der Vibrationen in kreisförmigen Bogen kein Fehler Statt finden könne: allein dieserwegen muß ich hier erinnern, daß alle Beweise in Rücksicht cykloidischer Vibrationen voraussetzen, daß die Wirkung auf das Pendel bei seinem Niedersteigen der Gegenwirkung genau gleich ist, als sie bei dessen Aufsteigen antrifft, welches aber bei Uhren mit dem Pendel nicht Statt hat; denn die Geschwindigkeit beim Niedersteigen desselben ist größer als bei ihrem Aufsteigen, und zwar mehr oder weniger nach Verhältniß der Länge der Vibration, selbst außerhalb dem, als sich beim freien Pendel ereignet.

243. Ob nun aber schon gewisse Eigenschaften von der Cykloide bewiesen worden sind, so folgt doch nicht, daß jede Krümmung, welche von einem Kreise abweicht, jene Eigenschaften besitzt, selbst wenn die Schwere allein wirkt: und überdieß um so weniger, wenn irgend eine fremde Kraft angewendet wird; die cykloidischen Eigenschaften bei freien Pendeln, welche in einem nicht resistirenden Medium schwingen, können

also

also auf keine Art einen Zurückfall mit denjenigen empfehlen, als bei Uhren angewendet werden.

244. Ueberhaupt können wir versichert sein, daß in allen Fällen, wo eine Vermehrung der Schwere oder der unterhaltenden Kraft macht, daß eine Uhr geschwinder geht, der Zurückfall zu groß ist: auch kann man nicht voraussetzen, daß irgend Jemand, welcher im Stande ist, den Mittelpunkt der Oscillation eines Pendels so einzurichten, daß er die wahre cykloidische Krümmung beschreibe, und von ihren Eigenschaften hinreichend versichert ist, glauben sollte, einen Zurückfall zu geben, um diejenigen Vibrationen zu berichtigen, welche (der Theorie nach) bereits vollkommen sind, woraus man denn das Unzulängliche sieht, cykloidische Backen mit einem Zurückfall anzuwenden, wovon ich aber in der Folge näher sprechen werde. (Da der Zurückfall die Absicht hat, zugleich nebst der Wirkung der Schwere auf das Pendel mitzuwirken, solchergestalt, um seine bewegende Kraft in jedem Theile der Vibration so zu machen, wie der Abstand von dem niedrigsten Punkte, so muß die Art und Größe eines solchen Zurückfalls mit der nämlichen Gewißheit bewiesen werden, wenigstens wie diejenige von der Cykloide; allein ich glaube, daß dieses ungleich schwerer sein dürfte als jenes, ohne die noch größern Schwierigkeiten der Ausführung bei letztern, und die Ungewißheit in Rücksicht der Theorie des erstern bei Anwendung an Uhren zu erwähnen.

245. Nunmehr will ich diejenigen Haken näher betrachten, wo die Anreibung und der Einfluß des Oels aufgehoben worden ist, in welcher Rücksicht ich mich auf 227 bis 232 beziehe.

246. Wir wollen hier annehmen, daß die

Wir-

Wirkung des Steigerads eben so gleichförmig ist, als die Schwere, so muß es bei jeder Vibration nicht nur die Bewegung des Pendels unterhalten, sondern auch eine schwache Feder (229) biegen; es muß daher diejenige Kraft, als zum Biegen dieser Feder erforderlich ist, von der unterhaltenden Kraft abgezogen werden; allein alle Federn verändern sich in ihrer Nachgiebigkeit durch Wärme und Kälte; derjenige Theil der Wirkung des Steigerads, als die Vibration unterhält, kann also nicht länger gleichförmig sein, als es die Luft von der nämlichen Temperatur ist; es wird daher die Länge der Vibration verändert werden, und die beschleunigenden Wirkungen des Zurückfalls finden Statt (239), und ändern die Zeiten der Vibration, selbst vorausgesetzt, daß die cykloidischen Eigenschaften vollkommen, und die Dichtigkeit der Luft unveränderlich sei.

247. Ferner werden, weil diese Federn, welche während des Zurückfalls (231) gebogen werden, den nämlichen Veränderungen unterworfen sind, sie die nämliche Wirkung wie eine gleiche Veränderung in der unterhaltenden Kraft während des Zurückfalls erzeugen (239).

248. So geringe nun aber auch diese Bemerkungen dem ersten Ansehen nach scheinen dürften, so erhalten sie doch mehr Gewicht, wenn wir bedenken, daß sie auf eben denjenigen Theil der Uhr wirken, wo sie die größte mögliche Wirkung auf das Maß der Zeit erzeugen; und daß diese Federn so schwach sind, um von den geringsten Veränderungen in der Temperatur der Luft angegriffen zu werden; auch können diese Wirkungen nicht vollkommen durch ein

ein Rostpendel oder irgend ein andres Pendel aufgehoben werden, weil sie gegen solche geringe Veränderungen empfänglich sind, als auf solche stärkere Theile von Metall nicht merklich wirken können; hierzu setze man noch, daß eine Veränderung von dem 86,000sten Theil der Zeit einer jeden Vibration einen Fehler von täglich einer Sekunde betragen wird; ein 604,000ster Theil in der Zeit der Vibration solchemnach wöchentlich eine Sekunde, und ein 2,592,000ster Theil monatlich eine Sekunde.

249. Was die Eigenschaft betrifft, deren (226) erwähnet worden, so scheint es mir nicht, daß ein Vortheil davon bei Unterhaltung der Bewegung eines Pendels erhalten werden dürfte. Isaac Newton sagt beim zweiten Gesetze der Bewegung: wenn irgend eine Kraft eine Bewegung erzeugt, so wird eine doppelte Kraft eine doppelte Bewegung bewirken, und so eine dreifache Kraft eine dreifache Bewegung, es wirke nun diese Kraft entweder vereinigt und auf einmal, oder allmählig und nach und nach (237). In so fern nun, als es das Maß der Zeit betrifft, ist sie schädlich, wie wir in der Folge näher sehen werden. (Ich muß indessen hier noch bemerken, daß dieses Verfahren dem andern vorzuziehen ist, wo der Zurückfall (als unbestimmt) ein größeres Verhältniß zum Winkel der Vibration haben kann.)

250. Was den Isochronismus der Vibration betrifft, wenn die ruhende Hemmung angenommen wird, so werde ich in der Folge zeigen, in welchen Fällen die unterhaltende Kraft allmählig und nach und nach am besten angewandet werden kann, und in welchen es vortheilhafter sein kann, sie beinahe auf einmal zu brauchen; wir überlassen denjenigen, welche die Vortheile eines

Zurück-

Zurückfalls besser einsehen, um eine ähnliche Untersuchung zu machen, wenn sie gebraucht wird.

251. Indessen will ich keineswegs diese sinnreiche Erfindung herabwürdigen oder ganz mißbilligen, so wie ich eben so wenig behaupte, daß kein guter Gang erhalten werden könnte, wenn diese Hemmung angewendet wird, vielmehr ziehe ich sie jeder andern vor, als mir irgend vorgekommen, wo der Einfluß des Oels Statt findet; allein es muß hier vorzüglich auf das Rücksicht genommen werden, was wegen der Verminderung des Einflusses des Oels (164) gesagt worden ist; denn wie auch die Ursache irgend einer Veränderung in der unterhaltenden Kraft beschaffen ist, so wird doch immer die Wirkung auf das Maß der Zeit (unter gleichen Umständen) sein, wie diese Veränderung zur ganzen Kraft; dieß bestimmt denn folglich eine große unterhaltende Kraft und lange Vibrationen.

252. Wenn bewiesen werden kann, daß der Gebrauch der Federn bei Haken die Wirkung der vollkommensten unterhaltenden Kraft ungleich (246, 247) macht; daß ein Zurückfall die Wirkung irgend einer solchen Veränderung (239) vermehrt; und daß jede Veränderung in der Nachgiebigkeit derjenigen Federn, welche während des Zurückfalls wirken, der Wirkung der Räder während eines solchen Zurückfalls beihülft, um die Zeiten der Vibration zu verändern (247):

253. So folgt natürlich, daß, so geringe auch die Wirkung dieser Unvollkommenheiten ist, der Gang der Uhren verbessert werden dürfte, wenn man sie ganz aufhebt (248).

254. Wenn ich hier den Weg zu fernerer Vervollkommnung angegeben habe, so ist meine Absicht

 erreicht,

erreicht, und nimmt man an, daß ich in der Folge jede Unvollkommenheit in so fern aufzuheben gesucht, als die Natur der Sache gestattet, und folglich daß jede Schwierigkeit und Unvollkommenheit, deren ich gegenwärtig erwähne, in diesem Falle so viele Waffen gegen mich sind; so wird man zugeben müssen, daß kein andrer Bewegungsgrund, als wahres Verlangen nach Vervollkommnung mich zu dieser Untersuchung verleiten können.

255. Nachdem ich nun solchergestalt das Mißliche eines Zurückfalls bemerkt, und daß die ruhende Hemmung dieserwegen erfunden worden, um dem auszuweichen, so scheint es völlig überflüssig, noch mehr davon anzuführen; allein,

256. Da die Unvollkommenheiten und Eigenschaften aller Gegenstände um so mehr deutlich werden, wenn sie unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden, so will ich mich gegenwärtig bemühen, die Vortheile der ruhenden Hemmung auf eine Art zu zeigen, die von dem, als bisher geschehen, verschieden ist, woraus man zugleich sehen wird, daß die komparativen Vortheile derselben in Rücksicht ersterer ungleich größer sind, als bisher angenommen worden ist.

257. Wenn auf ein Pendel die Kraft der Schwere allein wirkt, so steigt es bis zu eben der Höhe, von welcher es fiel, wenn man zugleich Rücksicht auf den Widerstand der Luft u. s. f. nimmt. Es wird daher, wenn die Wirkung der Räder bei dem Fallen eines Pendels dem Widerstande in dem Fallen und Steigen zusammen genommen gleich ist, ersteres bei jeder Vibration so viel Bewegung mittheilen, als letzteres vernichtet.

258. Und die Geschwindigkeit und Länge der Vibration wird gleichförmig die nämliche sein, während dem dieses Gleichgewicht erhalten wird. Allein,

259. Wenn die unterhaltende Kraft auf irgend eine Art vermehrt oder vermindert wird, so wird es auch bei der Vibration der Fall sein, bis der Widerstand der Luft u. s. f. gleich der unterhaltenden Kraft ist; und die Geschwindigkeit des Falls wird sich mit der Kraft vermehren (257). (Nehmen wir aber an, daß die unterhaltende Kraft in der Zeit des Aufsteigens des Pendels angebracht wird, so finden einige Ausnahmen Statt. Indessen soll dieses bei den Haken für Taschenuhren vollständiger erklärt werden.)

260. Das Fallen bei den längern Vibrationen wird daher vergleichungsweise geschwinder geschehen, als diejenigen der kürzern (240) in diesem Falle, als bei freien Pendeln. (Dieß wird außer vielen andern Umständen ganz übersehen, wenn cykloidische Bleche angewendet werden.)

261. Und da das Pendel bei seinem Steigen auf keine Art mit der Wirkung der Räder (wie bei dem Zurückfalle) verbunden ist, so wird es nach den Gesetzen der freien Pendel steigen; in welchem Falle Herr Huyghens bewiesen hat, daß 29 der längsten Vibrationen an Zeit gleich 34 der kürzesten von einerlei Pendel, unabhängig von dem Widerstande der Luft, sind. (Man kann hier sagen, daß bei Lappen, wo die Anreibung Statt findet, auf die natürlichen Zeiten der Vibration (während der Ruhe des Rades) dadurch ein Einfluß erfolgt: allein wir müssen nicht vergessen, daß eine solche Anreibung sich sowohl dem Steigen als Fallen gleichmäßig widersetzt, und dadurch sich selbst berichtiget

 (238),

(238), in so fern man Anreibung als gleichförmig betrachtet.)

262. Da nun bei Uhren mit der ruhenden Hemmung das Fallen geschwinder (260) und das Steigen langsamer (19) bei längern als bei kürzern Vibrationen ist, so werden die Veränderungen in der Zeit eines Steigens und Fallens zusammengenommen in einem geringern Verhältnisse zu der Veränderung in der Länge der Vibration stehen, als bei freien Pendeln, wo die Zeiten des Steigens und Fallens mit einander wachsen oder abnehmen. (Dieserwegen kann denn die cykloidische Krümmung, wie sie bisher untersucht worden, die verlangte Wirkung auf Uhrpendel nicht haben, es sei nun mit oder ohne Zurückfall.)

263. Es vermindert also die ruhende Hemmung die natürliche Wirkung irgend einer Veränderung, die in der Länge der kreisförmigen Vibrationen Statt haben kann, sie werde nun entweder vermöge einer Veränderung in der bewegenden Kraft oder in der Dichtigkeit der Luft verursacht.

264. Bei allem dem, was von 233 an erwähnet worden ist, werden weder Anreibung noch Einfluß des Oels vorausgesetzt, daß sie auch nur im geringsten Statt finden; je weniger dieß der Fall ist, um desto mehr wird die Theorie mit der Praxis übereinstimmen. Ich habe bereits gezeigt (184), daß bei Lappen, wo der Einfluß des Oels Statt findet, ein solcher Einfluß durch Vermehrung der Zeit der Ruhe wächst.

265. Eben so muß auch (185) die Krümmung oder der Ort der Wirkung in solchen Lappen so nahe als möglich den ganzen Winkel der Vibration überspannen, welches zugleich mit in sich begreift, daß die unterhaltende Kraft allmählig und nach und nach angewendet werden muß, und dieß kann als

ein

eine allgemeine Regel bei allen Hemmungen dienen, wo Oel nöthig ist. (Ich werde in der Folge zeigen, daß, wenn der Einfluß des Oels auf die Lappen weggenommen wird, die Wirkung irgend einer Veränderung in der unterhaltenden Kraft auf das Maß der Zeit (unter gleichen Umständen) wie die Zeit der Wirkung auf die Lappen zur ganzen Zeit der Vibration sein wird; allein dieß findet nicht Statt, wo Oel bei den Lappen gebraucht wird.)

266. Das Gegentheil ist bei solchen Lappen zu bemerken, wo weder Anreibung noch Einfluß des Oels während der Zeit der Ruhe ist; denn auf diese Art wird der Einfluß des Oels während der Zeit der Wirkung vermindert werden. (Bei allen Lappen, wo die Wirkung des Rades während der Zeit der Vibration aufgehoben, und wo die unterhaltende Kraft nicht vollkommen unveränderlich ist, wird der Gang verbessert werden, wenn man die Wirkung des Rades solchergestalt einrichtet, daß die eine Hälfte ihrer Aeußerung in dem Fallen, und die andere im Steigen des Pendels Statt findet; denn ohne besondre Rücksicht darauf können die Vibrationen der Uhrpendel, sie mögen kreisförmig oder cykloidisch sein, niemals ihre natürlichen Eigenschaften (238) haben. Ich werde diese Materie vollständiger erklären, und mit Beispielen beweisen, wenn ich von den Hemmungen an Taschenuhren reden werde, wo eine genaue Aufmerksamkeit darauf besonders nothwendig wird; ich bemerke hier bloß, daß das, was daselbst von der Wirkung der Spiralfeder gesagt wird, hier auf die Wirkung der Schwere auf das Pendel angewendet werden müsse. Auch wird man sehen, warum es ungleich vortheilhafter ist, die Wirkung der Räder auf das Pendel bei dem Steigen desselben als bei seinem Fallen anzuwenden.)

267. Wo die unterhaltende Kraft vollkommen unveränderlich ist, und wo auf den Isochronismus des Pendels weder Anreibung noch Veränderungen in dem Oele wirken, hindert es nichts, ob sie ganz auf einmal, oder allmählig angewendet wird. Ich meine hier nicht, daß in einem solchen Falle die Art der Anwendung der unterhaltenden Kraft die ganze Zeit jeder Vibration nicht verändern werde; auch nehme ich keineswegs auf eine solche Wirkung Rücksicht, vorausgesetzt, daß sie bei jeder folgenden gleichförmig einerlei ist: denn eine solche gleichförmige Wirkung wird durch die Länge des Pendels berichtiget.

268. Man kann wahrscheinlich anführen, daß hier in Rücksicht der ruhenden Hemmung mehr zugestanden ist, als mit den allgemeinen komparativen Bemerkungen über den Gang der Uhren übereinstimmt, die nach den Grundsätzen der ruhenden und zurückfallenden Hemmung gebaut werden: allein wenn man überlegt, was in Rücksicht der unterhaltenden Kraft (164), Länge der Vibrationen (41) und Länge der Lappen (189) erinnert worden ist; so wird man hoffentlich eingestehen, daß noch gegenwärtig kein eigentlich komparativer Versuch in Rücksicht der Grundsätze der zurückfallenden und ruhenden Hemmung angestellt worden ist.

269. Ist nicht die unterhaltende Kraft in gewöhnlichen Uhren mit zurückfallender Hemmung jederzeit ungleich größer, als in den besten Regulatoren mit der ruhenden Hemmung? insgemein in dem Verhältnisse wie 3 zu 4, oder wie 5 zu 1?

270. Ist nicht die Vibration jederzeit in diesen gewöhnlichen Uhren länger, als in solchen, welche mit der ruhenden Hemmung gebaut sind? Und

271. Sind

LB Coburg

271. Sind nicht die Lappen jederzeit ungleich länger bei der ruhenden, als bei der zurückfallenden Hemmung? Sind Gegenstände von der größten Wichtigkeit bisher (wie es scheint) bei der zurückfallenden Hemmung als unmittelbare Begleiter, und jeder Vortheil, welcher davon herkommt, dem Zurückfall zugeschrieben worden, indeß alle Fehler und Mängel, welche von der entgegengesetzten Bauart entstehen, fälschlich der ruhenden Hemmung beigemessen worden sind? Es scheint also, daß

272. Kein komparativer Versuch entscheidend sein kann, als wenn die unterhaltende Kraft, die Länge der Vibrationen und Lappen bei allen Uhren gleich sind, wie Taf. III. Fig. 2. vorgestellt worden; in welchem Falle denn der Vorzug der ruhenden Hemmung deutlich sein wird. Und

273. Wenn die meisten und vorzüglichsten Künstler längere Lappen bei der ruhenden Hemmung angewendet haben, als bei der zurückfallenden, so können sie ihre Gründe dazu haben, ob mir schon keine beifallen, so wie denn Nachahmung der Vorgänger keine darbieten, wo weder Theorie noch Praxis wirkliche Vervollkommnung versprechen.

274. Aus allem dem, was in Rücksicht der Lappen erinnert worden ist, lassen sich folgende allgemeine Regeln herleiten:

Daß der Zurückfall in Lappen die Wirkung jeder Veränderung vermehrt, welcher bei der unterhaltenden Kraft Statt finden kann, es möge nun Anreibung und Einfluß des Oels Statt finden oder nicht (238);

Daß diese Wirkung jederzeit bei der zurückfallenden Hemmung zweimal größer ist (238);

Daß

Daß die Anreibung und der Einfluß des Oels ebenfalls (unter gleichen Umständen) bei der zurückfallenden Hemmung zweimal größer sind (178); und folglich

Daß es in jedem Falle vortheilhaft ist, den Zurückfall so viel als möglich zu vermindern;

Daß die ruhende Hemmung die Veränderung vermindert, welche natürlicherweise sich in der Zeit der Vibration eines freien Pendels von irgend einer Veränderung in der Länge einer solchen Vibration (262) zutragen dürfte;

Daß der Einfluß des Oels und der Anreibung bei der ruhenden Hemmung jederzeit geringer ist, als bei der zurückfallenden, wenn alle übrigen Umstände gleich sind (181);

Daß der Zurückfall kein Bestreben haben kann, die Vibrationen von größerer Länge zu erhalten (237). Daher

In allen Fällen die ruhende Hemmung der zurückfallenden vorzuziehen ist, und daß

Die Anwendung der Federn bei Lappen auf die unterhaltende Kraft Veränderungen bewirkt (246), und gleichfalls die Wirkung eines Zurückfalls hat (247), und daher Federn keineswegs anwendbar sind.

275. Nachdem ich nun solchergestalt gezeigt, daß die ruhende Hemmung die natürliche Wirkung irgend einer Veränderung in der Länge der Vibration vermindert, wenn weder Anreibung noch Einfluß des Oels während der Zeit der Ruhe Statt findet; so will ich nunmehr das Verfahren zeigen, Lappen zu bauen, wo die

Praxis

Praxis mit der Theorie übereinstimmt. Und da eine oberflächliche Uebersicht davon doch immer noch Zweifel übrig lassen kann, ob eine Verminderung der Anreibung auf die Lappen dem Gange nicht hinderlich sei, so will ich dieserwegen noch einige Bemerkungen beifügen.

[Es giebt zweierlei Mittel, wodurch die Länge der Vibration bei Uhren, unabhängig von der Dichtigkeit der Luft, verändert werden kann; und die Wirkung, welche die Anreibung auf die Lappen auf den Gang haben wird, wird gewissermaßen von der Ursache abhängen.

Erstlich kann die Länge der Vibration bei Uhren verändert werden, wenn man das Gewicht verändert, welches die Bewegung unterhält, in welchem Falle denn die Anreibung oder der gänzliche Widerstand auf die Lappen unter gleichen Umständen wie der Winkel der Vibration wächst, daher denn die Länge der Vibration mit dem angewendeten Gewichte in keinem so großen Verhältnisse steht, als ob keine Anreibung Statt fände. Allein angenommen, daß die Anreibung in diesem Falle die Wirkung irgend einer Veränderung in der unterhaltenden Kraft vermindere, so folgt, da eine Veränderung von obiger Art niemals durch bloßen Zufall Statt haben kann, und da ferner jedes solches Wachsen der unterhaltenden Kraft in der Absicht geschehen muß, um die Vibration zu vergrößern, daß die Anreibung auf die Lappen in diesem Falle schädlich sein müsse, indem sie sucht, die verlangte Wirkung zu schwächen.

Zweitens angenommen, daß das Gewicht, das bei einer Uhr angebracht wird, unveränderlich einerlei bleibe, so wird die Wirkung in Rücksicht der Verlängerung der Vibration vermehrt oder vermindert werden, je nachdem die Flüssigkeit u. s. f. des Oels beschaffen ist; welches aber je nach dem Grade der Wärme

und

und Kälte schwankend ist, dem es ausgesetzt wird. Die Wirkung des Oels, so wie es bei Lappen angewendet wird, um die Vibrationen zu verlängern oder zu verkürzen, haben wir bereits gezeigt, daß das Verhältniß ins Mittel gerechnet, zu demjenigen auf alle Zapfen wie 80 zu 1 sei (176). Man sieht also, daß in diesem Falle, wenn wir die Anreibung und den Einfluß des Oels auf die Lappen wegnehmen, wir die Veränderungen, welche so häufig in der Länge der Vibrationen durch den Einfluß der Wärme und Kälte auf das Oel verursacht werden, um den achten Theil vermindern, als es der Fall ist, wo Anreibung Statt findet: welches um so mehr Aufmerksamkeit verdient, da es scheint, daß kein anderes Mittel diesem Uebel abzuhelfen vermögend ist.

Auch muß ich bemerken, daß, da diese Anreibung auf die Lappen die Wirkung der unterhaltenden Kraft zu Vergrößerung der Vibration (sie mag lang oder kurz sein) vermindert, sie dieserwegen gleichfalls nachtheilig für den Gang (41, 46, 47) sein müsse. Hierzu setze man, daß sie bemühet ist, solche Veränderungen zu berichtigen, als sich in der Länge der Vibrationen zutragen, und von der verschiedenen Dichtigkeit der Luft mehr herrühren, als es von irgend einer andern Ursache der Fall ist, welches auf das Maß der Zeit vielen Einfluß hat, wie wir in der Folge zeigen wollen, wenn wir die verschiedenen Mittel untersuchen werden, wodurch irgend eine Veränderung in der Dichtigkeit der Luft auf die Zeiten der Vibration bewirkt wird. Man sieht also aus allen diesen Bemerkungen, daß die Anreibung auf Uhrpendel in keiner Rücksicht den Gang der Uhren verbessern kann, vielmehr verursacht sie vermöge der unvermeidlichen Folgen wichtige Fehler, als bei Uhren Statt finden, welche durch keine andern Mittel verhindert werden können, als daß diese Anreibung auf die Lappen aufgehoben wird (155).]

276. Taf. IV. stellt die Einrichtung solcher Lappen vor. Fig. 1. ist die vordere Ansicht des Hakens und des Steigerads; der Haken ABC ist auf der Fläche der Wirkung wie gewöhnlich eingerichtet (Taf. II. und III.): er ist auf einen hohlen messingenen Cylinder OP geschraubt, welcher zur Welle dient, und bewegt sich auf zwei schwachen Zapfen wie gewöhnlich; an dem einen Ende des Cylinders ist die Gabel F Fig. 2. angeschraubt, wodurch die Lappen A und C dem Pendel die Bewegung mittheilen.

277. dd und ee sind Einfälle, welche sich koncentrisch mit dem messingenen Cylinder an schwachen Wellen innerhalb demselben Fig. 2. bewegen, und das Rad aufhalten, so daß das Pendel ohne Anreibung und ohne Einfluß des Oels auf die Lappen oder Zapfen während der ganzen Zeit der Ruhe sich bewegen kann.

278. Wenn daher der Zahn i von dem Lappen A fällt, so fällt der Zahn k auf den Einfall e, und wird gehalten, während dem der Lappen C gegen n, den Grund des Zahns, fortgeht, und in der Richtung des punktirten Bogens zurückkehrt; er verbindet sich sodann mit dem Einfalle, stößt ihn fort, und nimmt solchergestalt den Zahn k auf die Fläche der Wirkung, und unterhält auf diese Art die Bewegung des Pendels; wenn nun der Zahn k von dem Lappen C gefallen, so wird der Zahn m auf den Einfall d fallen, u. s. f.

279. Fig. 2. ist ein Durchschnitt des hohlen Cylinders längs der Linie gh, und stellt die Lappen, die Gabel und die Wellen der Einfälle vor.

280. Fig. 3. ist eine Vorstellung von einem Theile des Cylinders, der Lappen und der Einfälle (in der Richtung der Linie gh Fig. 1. und 2.) und zeigt, wie die Einfälle in die nämliche Fläche der Wirkung mit den Lappen gebracht werden.

281. Fig. 4. zeigt, wie die Flächen der Wirkung

A

A und C auf die Lappen geschraubt werden: die kleine Oeffnung in dem Arme dient, sie an- und abzuschrauben.

282. Fig. 5. stellt den Theil eines Rades vor, welches Vibrationen von irgend einer Länge gestattet.

283. Fig. 6. ist ein Durchschnitt davon in der Linie ab. In allen diesen Figuren zeigen einerlei Buchstaben einerlei Theile.

284. Die Einfälle müssen genau sich nach den Lappen richten, allein der Berührungspunkt muß sehr schwach sein, damit die Wirkung der kohäsiven Anziehung nicht merklich werde; besonders

285. Hat man große Sorgfalt zu verwenden, daß weder Einfälle noch Lappen irgend einen Grad von Magnetismus äußern.

286. Solchergestalt kann denn die Anreibung und der Einfluß des Oels während der Zeit der Ruhe des Steigerades ohne allen Schaden aufgehoben werden, als bei Anwendung der Federn Statt findet. (Ich machte solche Lappen im Jahr 1763 bei einer Uhr, die ich die Ehre hatte, für den König zu verfertigen, und welche die Veränderungen bemerken sollte, die die Höhe des Quecksilbers im Barometer erleidet, welches solchergestalt geschieht, daß, ungeachtet man auch ein ganzes Jahr durch nicht nach dem Barometer gesehen haben dürfte, man auf dem Zifferblatte sehr leicht erkennen kann, nicht nur welche Veränderungen an irgend einem Tage des Jahrs erfolgt sind, sondern auch selbst jede Veränderung, welche den hundertsten Theil eines Zolls übersteigt, und in dem ganzen Jahre erfolgt, und zwar nach dem Tage und der Stunde sowohl, als nach der eigenen Art, als jede solcher Veränderungen geschieht.)

287. Allein obschon diese Einrichtung der Lappen die Vibration sehr vergrößert, und

die

die natürliche Wirkung vermindert, als irgend eine Veränderung in der Länge der Vibration auf das Maß der Zeit bei einem freien Pendel (263) haben dürfte, und $\frac{39}{40}$ des Einflusses des Oels auf die Uhr (174) aufhebt, so kann man doch nicht sagen, daß die Wirkung jeder Unvollkommenheit des Movements ganz aufgehoben werde. Daher

288. Will ich gegenwärtig eine Einrichtung der Lappen beschreiben, welche nicht nur die Anreibung und den Einfluß des Oels während der Zeit der Ruhe, sondern auch während der Bewegung des Steigerades in so fern aufhebt, als sie auf die Vibration des Pendels Einfluß haben können: diese Lappen verbessern auch die Unregelmäßigkeiten der Wirkung in der Hauptfeder, den Rädern und den Trieben, oder überhaupt irgend eine andre Unregelmäßigkeit, als in dem Movemente von irgend einer Ursache Statt haben kann, ungeachtet die Ursachen dieser Unregelmäßigkeiten insgesammt selbst der Aufmerksamkeit des Künstlers entgehen sollten.

289. Taf. V. und VI. stellt ein solches Paar Lappen nebst dem Steigerade vor, wo

ABC das Rad,

DE die Lappen,

HI zwei kleine Gewichte, welche an den nämlichen Wellen mit den Lappen, eins an jeder, befestiget sind,

FG die Einfälle, welche mit einander sowohl als mit der Welle vermittelst

PP, einem hohlen messingenen Cylinder, fest verbunden sind, und als Welle für die Einfälle dient, woran sie sowohl als die Gabel L geschraubt werden, die bloß dient, die Einfälle auszuheben.

M ist ein Gewicht, welches genau mit den Einfällen und der Gabel im Gleichgewichte steht, wodurch

sie

sie irgend eine Lage erhalten, als ihnen gegeben wird; n o sind Stifte in dem Pendel Taf. VII. wodurch die Kugeln I und H vermöge ihrer Schwere die Bewegung desselben unterhalten.

290. Taf. VI. Fig. 1. stellt diese Lappen u. s. f. in der Richtung von ML vor, und entspricht gleichfalls der obigen Beschreibung.

Fig. 2. ist ein Durchschnitt des hohlen Cylinders PP unter rechtem Winkel mit dessen Achse, und zeigt die vordere Fläche des Bundes, woran die Einfälle oder Gabel geschraubt werden.

291. Alle übrige Figuren dieser Platte stellen die einzelnen Theile vor, die zu diesen Lappen gehören, und sind mit den nämlichen Buchstaben wie in der vorhergehenden Beschreibung bezeichnet, ausgenommen WW, die Wellen der Lappen, und

292. Z, ein Durchschnitt derjenigen Theile an beiden Enden des messingenen Cylinders, worin die Zapfen der Wellen WW sich bewegen; die kleine Oeffnung, welche zunächst dem Zapfen ist, dient gelegentlich, um diesen Theil aus dem Cylinder zu nehmen, in welchen er sehr genau passen muß; die andern zwei Löcher dienen, ihn an seinem Orte durch Stifte zu befestigen; die kleinen Theile D, F, G, E, Fig. 2. Taf. VI. sind Vorstellungen zur Seite des untern Endes der Lappen und Einfälle, welche mit den nämlichen Buchstaben bezeichnet sind.

293. Taf. VII. Fig. 1. ist die vordere Ansicht des Rades, der Lappen, der Einfälle und der obern Theile des Pendels, welche in den vorhergehenden Platten beschrieben worden, und sind hier gleichfalls mit einerlei Buchstaben bezeichnet, so wie denn auch die Lappen, welche auf dieser Platte vorgestellt werden, von denjenigen Taf. V. und VI. in nichts verschieden sind, als daß sie dort über, und hier unter dem Rade sich befinden.

294.

294. Fig. 2. Taf. VII. ist die Seitenansicht von Fig. 1. wo VVVV einen Theil des Uhrgehäuses, SSS den obern Theil des Pendels vorstellen, an dessen unterm Ende der andre Theil vermittelst einer Schraube solchergestalt befestiget ist, daß jede von den Federn TT seine halbe Schwere trägt. — Q, R sind zwei Schrauben, welche sich mit dem Pendel bewegen, und wodurch die Einfälle F und G wechselsweise ausgehoben werden, wenn das Pendel das Ende seiner Vibration erreicht hat.

Von der Wirkung dieser Hemmung.

295. Wir wollen zuerst das Pendel in Ruhe annehmen, und daß die Lappen, Einfälle, Gabel und Stifte n o in der Lage bleiben, wie sie Taf. V. und VII. verzeichnet worden.

296. Wenn das Pendel gegen den Einfall F Taf. V bewegt wird, so wird der Stift n gegen den Arm steigen, welcher das kleine Gewicht H trägt, und die Schraube R muß denn so gestellt werden, daß sie den Einfall F auslöset, und dem Rade gestattet, in dem nämlichen Augenblicke vorwärts zu gehen, als der Stift n das Gewicht H berührt: in diesem Falle wird der Lappen D von dem Zahne A losgemacht werden, wo das Gewicht H herabgeht, und auf den Stift n drückt, und solchergestalt die Bewegung des Pendels unterhält.

297. So bald nun das Pendel seine Bewegung gegen F anfängt, wird der Stift o von dem Gewichte I befreit; denn der Lappen E ruht gegen den Zahn C, und verhindert das fernere Niedersteigen von I; die Wirkung des Lappens E auf das Rad vermindert also dessen Druck auf den Einfall F, um ihn desto leichter auszulösen, wo alsdann das Rad vorwärts geht, und vermöge seiner Wirkung

auf

auf den Lappen E fortfährt, das Gewicht I zu heben, bis der Einfall G seine Bewegung aufhält.

298. Wenn nun der Zahn C Taf. VII. auf dem Einfalle G ruht, so wird das Gewicht I in Ruhe bleiben, bis das Pendel das Ende seiner Vibration gegen G erreicht hat, wo alsdann der Stift o an das Gewicht I stoßen, und die Schraube Q den Einfall G auslösen, das kleine Gewicht I zugleich mit herabgehen und auf den Stift o drücken, und auf diese Art das Fallen des Pendels befördern wird, indeß das Rad das Gewicht H hebt, um das folgende Fallen zu befördern.

299. Auf diese Art werden die Vibrationen des Pendels beständig durch das wechselsweise Fallen der kleinen Gewichte H und I unterhalten; und da diese Gewichte jedes Fallen von unbedingter Ruhe (298) anfangen, so folgt, daß die Kraft oder Geschwindigkeit, mit welcher sie gehoben werden, auf keine Art auf die Wirkung ihres Falls Einfluß äußern können; daher denn,

300. So groß auch die Unregelmäßigkeiten der Wirkung in der Hauptfeder, Rädern und Trieben u. s. f sind, sie mögen nun von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf Metalle, Oel, oder von Anreibung entspringen, so wird doch immer, wenn nur hinreichende Kraft vorhanden ist, die Gewichte H und I zu heben, die unterhaltende Kraft des Pendels so unveränderlich sein, als die natürliche Wirkung der Schwere; auf welche Art denn alle Wirkungen von jeder Unvollkommenheit in dem Movemente jeder Art ganz vermieden werden. (Da der Bogen der Vibration wächst, bis der Widerstand des Mediums in jeder Vibration der unterhaltenden Kraft (259) gleich ist, so folgt, daß mit einer gleichförmig unterhaltenden Kraft

Vibra-

Vibrationen in einem Medium von gleichförmiger Dichtigkeit unveränderlich von einerlei Länge sein werden; in einem Medium von abwechselnder Dichtigkeit stehen die Längen der Vibration in einem umgekehrten Verhältnisse zu dieser Dichtigkeit; so daß in jedem Falle der ganze Widerstand des Mediums auf das Pendel gleichförmig einerlei bleiben wird.)

301. Auch strebt kein Theil der Einrichtung dieser Lappen, die solchergestalt erlangten Vortheile zu vermindern, welches der Fall immer sein wird, wenn Federn angewendet werden (274).

302. Ob ich nun schon bisher die Gewichte H und I als kleine Kugeln vorgestellt habe, welche von schwachen Aermen getragen werden, so bemerke ich doch hier, daß sie von stählernen Stangen von der nämlichen Gestalt und Dimension wie die Pendelstange gemacht werden müssen, damit Wärme nnd Kälte gleichförmig darauf wirken können, und auf diese Art ihr Einfluß bei beiden aufgehoben werde.

303. Das einzige, was bei diesen Lappen an mathematischer Genauigkeit zu mangeln scheint, ist, daß irgend eine Veränderung in der Wirkung der Räder streben dürfte, die Anreibung auf die Einfälle zu verändern; allein wird hier die nämliche Vorsicht, wie bei gewöhnlichen Uhren angewendet, welche achtstäbige Triebe haben, und die Fläche der Einfälle wird von gehärtetem Stahl oder Diamant, und die Zähne des Rades von gehärtetem Stahl gemacht, so kann keine Wirkung von einer solchen Ursache weder in der Länge der Vibration, noch in dem Maße der Zeit (297) merklich werden. Indessen

304. Will ich zum Vortheil dieses Gegenstandes nicht zu viel erwähnen. Es ist sehr leicht, die Wirkung zu kennen, welche irgend eine zufällige Veränderung in der Wirkung der Räder auf das Maß der Zeit mit solchen Lappen machen dürfte: denn wenn die

unterhaltende Kraft absichtlich um $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ verändert wird, so wird eine solche Veränderung die nämliche Wirkung erzeugen, als ob sie zufällig gewesen; und da sie eine gegebene Zeit lang fortgesetzt werden kann, und ihre ganze Wirkung genau bemerkt wird, so können wir mit vieler Zuverlässigkeit von einer solchen Wirkung, wenn sie merklich wird, die Wirkungen solcher kleinen Veränderungen schätzen, als wahrscheinlich in dem Drucke der Räder auf die Einfälle, durch den Einfluß des Oels auf die Zapfen Statt finden. — Der Widerstand, welchen eine solche Anreibung auf das Pendel beim Ausheben der Einfälle macht, kann willkührlich bis zu irgend einem Grade zurückgebracht werden, wenn man die Kugel M um so viel leichter macht, als die Gabel und die Einfälle, damit ihr Ueberschuß an Schwere in einem gewissen Grade mit dem Pendel zu Auslösung des Rades mitwirken könne.

305. Ferner muß man bemerken, daß vermittelst der Schraube Q und R die Veränderungen, welche irgend ein Wechsel in der Dichtigkeit der Luft auf die Länge der Vibration erzeugen dürfte, genau berichtiget werden kann.

306. Ich mache ferner keinen Versuch zu Vervollkommnung der Theorie der Uhrmovemente, sondern will nunmehr fortfahren zu untersuchen, in wie fern die bereits erlangten Vortheile dennoch verloren gehen können, und welches die wirksamsten Mittel sind, sie zu erhalten.

307. Die drei folgenden Ursachen können vornämlich die wahren Zeiten der Vibration bei Uhrpendeln verändern:

Erstlich irgend eine Veränderung in der Elastizität oder Schwere des Körpers, woran das Pendel aufgehangen ist.

Zweitens

Zweitens der Einfluß der Wärme und Kälte auf die Pendelstange, und

Drittens: irgend eine Veränderung in der Wirkung der Schwere.

308. Da diese Ursachen die Zeiten der Vibration unabhängig von irgend einer Unvollkommenheit in dem Movemente zu verändern suchen, so wollen wir sie der Folge nach jetzt näher untersuchen.

309. Wenn der Mittelpunkt der Bewegung, oder der Punkt der Aufhängung eines Pendels als ein fester Punkt angenommen wird, so wird sein Mittelpunkt der Schwere einen wahren Kreisbogen beschreiben, dessen Radius der Abstand des Mittelpunkts der Schwere von dem Punkte der Aufhängung ist.

310. Allein kann der Punkt der Aufhängung auf irgend eine Art seinen Ort verändern, so werden eben hierdurch gleichfalls auch die Zeiten der Vibration verändert.

311. Beispiel Taf. VIII. Wenn ein pendelartiger Körper B um einen unbeweglichen Punkt A vibrirt, so wird sein Mittelpunkt der Schwere einen vollkommnen Kreisbogen wie BBB beschreiben, dessen Radius AB ist; allein wenn der Punkt der Aufhängung sich bei jeder Vibration z. B. von A nach a auf jeder Seite bewegt, so wird der Mittelpunkt der Schwere eine verschiedene Krümmung wie CBC beschreiben, welche hier zur Erläuterung als ein wahrer Kreisbogen angesehen werden kann; der Mittelpunkt dieses Bogens kann folgendergestalt gefunden werden: um den Punkt B beschreibe man einen Kreis, deßgleichen um die Punkte CC Bogen, welche den erwähnten Kreis irgendwo schneiden, als in den Punkten e, e, e, e, durch welche Durchschnittspunkte man dann Linien gegen A ziehe, die durch die Punkte a, a gehen, und in D sich treffen, welches denn der Mittelpunkt des

Bogens CBC sein wird; es werden folglich die Zeiten der Vibration in dem Bogen CBC einerlei sein, als ob DB die Länge des Pendels, und der Punkt der unbeweglichen Aufhängung wäre.

312. Man sieht also, daß irgend eine Bewegung des Aufhängungspunktes die Zeiten der Vibration mehr verändern werde, als es bei einer gleichen Veränderung in der Länge des Pendels der Fall wäre, ungefähr in dem Verhältnisse wie AD zu aa.

313. Alle Arten von Holz saugen Feuchtigkeit an, und verändern auf diese Art ihren Grad der Elastizität; es wird folglich, wenn ein Pendel daran aufgehangen wird, die Bewegung des Aufhängungspunktes sich mit der Elastizität des Holzes verändern, wo denn gleichfalls die Zeiten der Vibration verändert werden (312), welche Wirkung jederzeit auf das Maß der Zeit beträchtlich sein wird, wenn man das Pendel auf gewöhnliche Art aufhängt, oder auf irgend eine Art von dem Gehäuse abhängig macht; denn die Elastizität desselben ist der Veränderung bei jedem Wechsel der Feuchtigkeit der Luft u. s. f. unterworfen.

314. Die Veränderungen, welche sich in der Schwere des Gehäuses ereignen, werden gleichfalls auch mit erstern in Rücksicht der Veränderung der Zeiten der Vibration zusammen kommen; denn man weiß, daß bei den meisten Uhren das Gehäuse von dem Pendel bei jeder Vibration in Bewegung gesetzt wird, so wie ferner, daß die nämliche Kraft einen leichtern Körper unter gleichen Umständen weiter bewegen wird, als einen schwerern; je schwerer also das Uhrgehäuse ist, um einen desto kleinern Raum wird es das Pendel bewegen, auf welche Art denn irgend eine Veränderung in der Schwere sowohl als in der Elastizität des Gehäuses die Bewegung des Punkts der Aufhängung und folglich die Zeiten der Vibration verän-

verändern wird (312). (Daß Gehäuse und Uhr allgemein von den Vibrationen des Pendels in Bewegung gesetzt werden, bestätigt besonders ein Aufsatz von John Ellicot, unter dem Titel: An Account of the influence, which two Pendulum Clocks were observed to have upon each other etc. und Herrn Huyghens Horologium osc. S. 18 und 19, wo man unumstößliche Beweise finden wird, daß der Punkt der Aufhängung nicht fest ist, sondern sich mit dem Pendel bewegt.)

315. Was vorher vom Holze erwähnt worden ist, läßt sich auch in einem geringern Grade auf Ziegel-Mauerstein, oder irgend eine Materie anwenden, welche Feuchtigkeit einsaugt, weßwegen denn Blei und Marmor die angemessensten Substanzen zu sein scheinen, um Uhrpendel aufzuhängen. Um eine solche Aufhängung vollkommen zu machen, müßte man eine Masse davon wenigstens von 4 bis 5 Centnern so dicht als möglich in eine Mauer einlegen, und das Pendel nahe in der Mitte derselben aufhängen; denn nur auf diese Art dürfte der Punkt der Aufhängung ungleich unbeweglicher, und die Zeiten der Vibration isochronischer gemacht werden (312).

Wir wollen jetzt den Einfluß der Wärme und Kälte auf die Pendelstange näher untersuchen (308).

316. In allem, was bisher erwähnet worden ist, hat man die Länge des Pendels als unveränderlich einerlei betrachtet, allein in der Praxis findet gerade das Gegentheil Statt: denn Wärme dehnt alle Metalle aus, und Kälte verkürzt sie, so daß solchergestalt ein Pendel im Sommer länger ist als im Winter.

317. Man hat auf verschiedene Mittel gedacht, diese Unvollkommenheit zu berichtigen; alle, deren ich mich erinnere, eins ausgenommen, hängen von

der

der Gegenausdehnung ab, so daß eins das Pendel um eben so viel verkürzen muß, als es das andre verlängerte, und so im Gegentheil.

318. Das einzige Verfahren, welches davon eine Ausnahme macht, ist, daß man das Pendel von vollkommen geradespaltigem Holze mache, dessen Longitudinal-Ausdehnung so geringe ist, daß es zu gewöhnlichen Absichten vollkommen hinreicht, und gleich irgend einem andern Verfahren bei Uhren, wo der Einfluß des Oels auf die Lappen (193, 195) Statt findet. (Archibald, Herzog von Argyle, ist der Erfinder davon.)

319. Alle Mittel, welche angewendet werden, oder angewendet werden konnen, und sich auf die Ausdehnung der Metalle gründen, können in zwei allgemeine Klassen unterschieden werden, nämlich

320. Solche, welche sich mit dem Pendel bewegen, oder nicht.

321. Diejenigen, welche sich mit dem Pendel nicht bewegen, sind entweder an das Gestelle oder Gehäuse der Uhr befestiget, und solchergestalt eingerichtet, daß dadurch die Pendelfeder zwischen zwei Backen genau so viel gehoben wird, als die ganze Stange verlängert worden ist, und umgekehrt, wodurch denn der Abstand dieser Backen von dem Mittelpunkte der Oscillation jederzeit einerlei erhalten wird.

322. Hier muß ich aber bemerken, daß, da die Feder sich frei auf- und niederwärts zwischen diesen Backen bewegen muß, leicht eine Erschütterung von der Vibration Statt haben kann, welches immer ein mißlicher Umstand ist, wo große Genauigkeit erfordert wird.

323. Zweitens, daß jede Veränderung in der Temperatur der Luft, die auf dieses Thermometer wirkt, gleichfalls die Länge dieses Theils der Pendelfeder verändert, als in der Vibration wirkt: ihre Steifigkeit ver-

verändert sich dem zufolge, und solchemnach auch die Zeit der Vibration (137).

324. Drittens da dieses Thermometer an seinem Orte ohne Bewegung verbleibt, so wird irgend eine Veränderung, die sich in der Temperatur der Luft ereignet, nicht so geschwind darauf wirken als auf die Pendelstange, welche in beständiger Bewegung ist, und solchergestalt sich immerfort Luftpartickelchen nähert, deren Temperatur keine Veränderung von der vorhergehenden Näherung erlitten, oder wenn dieß ja der Fall ist, die nämliche Temperatur wieder erhalten, ehe die Pendelstange wieder zurück kommt. Man sieht also hieraus,

325. Daß irgend ein Thermometer, welches unbeweglich ist, gegen die Veränderungen von Wärme und Kälte niemals so empfänglich ist, als die Pendelstange, und daß folglich immer einige Zeit hingeht, ehe die Kompensation erfolgt; dieß findet allgemein bei allen Thermometern dieser Klasse (321) Statt.

326. Wie verschieden ist nun der Fall beim Merkurial-Pendel! Da die Quecksilbersäule sich geschwinder durch die Luft bewegt, als die mittlere Bewegung der Pendelstange, so wird sie von der Luft früher erwärmt und abgekühlt, als die Pendelstange; setzen wir hierzu noch, daß kein Körper in der Natur von einerlei Dichtigkeit früher erwärmt und erkältet wird als Quecksilber, so sieht man wohl, daß dieses Merkurial-Thermometer um eben so viel zu schnell, als das andre zu langsam ist: und daß folglich

327. Weder das Merkurial-Pendel (326), noch irgend ein Thermometer, welches sich nicht mit dem Pendel bewegt (325), eine vollkommne Wirkung äußern kann.

328. Nach dem also, was hier erwähnt

worden

worden ist, sieht man denn, daß, um ein vollkommnes Thermometer zu machen, es von eben dem Metalle sein müsse, wie die Pendelstange (326).

329. Zweitens muß es aus Stangen von einerlei genauen Dimensionen mit der Pendelstange bestehen, und jeder Theil davon in jeder Rücksicht der Luft gleichmäßig mit dem entsprechenden Theile der Pendelstange ausgesetzt sein.

330. Muß jeder Theil des Thermometers einerlei Ausdehnung und Zusammenziehung wie der entsprechende Theil der Pendelstange erleiden: so wie denn kein Thermometer die äußerste Genauigkeit leisten kann, deren es seiner Natur nach fähig ist, ohne auf das, was bereits dieserwegen (328 bis 331) erinnert worden, besonders Rücksicht zu nehmen.

331. Das Rostpendel und dasjenige des Herrn Ellicot entsprechen diesen Bedingungen ungleich genauer, als irgend eine Einrichtung, die mir bekannt geworden; ich werde mich denn auch dieserwegen bemühen, sie besonders genau zu untersuchen, und die Vollkommenheiten, Vorzüge und Unvollkommenheiten eines jeden auszuzeichnen, in so fern als es zur Vervollkommnung der Uhren behülflich ist *).

Von dem Rostpendel.

Vielleicht dürfte es ganz überflüssig scheinen, wenn

*) Man hat seit dieser Zeit verschiedene anderweitige Einrichtungen des Rostpendels angegeben. Hierher gehören besonders diejenigen von Berthoud, die ich in meinem Uhrmacher beschrieben, ferner von Faggot, von Grenier, welches im 4. B. des Voigtschen Mag. f. d. Neueste aus der Physik beschrieben worden, welches ich auch selbst an einer astronomischen Uhr angebracht habe, und sehr gute Dienste leistet, und endlich vom Herrn Geh. Finanzsekretair Seifert in Dreßden, welches in Prof. Bodes Ephemeriden 1802 beschrieben ist. G.

wenn ich vorher erwähne, daß Herr John Harrison allgemein für den Erfinder dieser sinnreichen Einrichtung gehalten wird, daß aber, wenn Herrn Ellicots Name bei Beschreibung der folgenden Erfindung öfterer erwähnet wird, dieß keinesweges von einer Partheilichkeit herkommt, sondern weil diejenige Erfindung des Herrn Ellicot nur unter seinem Namen bekannt ist.

332. Die Ausdehnung des Messings nimmt man allgemein an, daß sie diejenige des Stahls in dem Verhältnisse wie 5 zu 3 übersteige; in dieser Voraussetzung wird denn, wenn ein Stück Stahl bei Anbringung eines gewissen Grads von Wärme sich um $\frac{3}{10}$ eines Zolls ausdehnt, ein Stück Messing von der nämlichen Länge und bei der nämlichen Wärme sich um $\frac{5}{10}$ eines Zolls ausdehnen; und da ferner die ganze Länge des Messings sich um $\frac{5}{10}$, und die Ausdehnung im Ganzen als gleichförmig angenommen wird, so wird, wenn es in fünf gleiche Theile getheilt wird, jeder Theil sich um $\frac{1}{10}$ eines Zolls ausgedehnt haben; nehmen wir daher $\frac{2}{5}$ der ganzen Länge weg, so wird die Ausdehnung der übrigen $\frac{3}{5}$ sein $\frac{3}{10}$ eines Zolls: nun ist aber die Ausdehnung der ganzen Stange Stahl, zufolge der Hypothese, gleichfalls $\frac{3}{10}$ eines Zolls, es ist daher die Ausdehnung einer Stange Stahl gleich der Ausdehnung einer Stange Messing von $\frac{3}{5}$ seiner Länge. Ueberhaupt

333. Wird, wenn die Länge der Stangen umgekehrt ist, wie die Ausdehnung der relativen Metalle die ganze Ausdehnung in jeder Stange gleich sein, und sie werden folglich einander das Gleichgewicht halten; dieß ist der Grund des Rostpendels. Ich komme nunmehr zu der Anwendung selbst.

334. Es sei AB Fig. 1. Taf. IX. die Länge eines gegebenen Pendels, an welches ein Rost gebracht werden soll; man halbire AB in C, und mache BD, DE, und

und EF jedes gleich AC oder CB, so wird alsdann AF zu BF d. i. HG sein, wie 5 zu 3, und es werden also (332), wenn AF Stahl und HG Messing ist, ihre Verlängerungen und Verkürzungen bei irgend einem Grade von Wärme oder Kälte gleich sein: wird nun GH fest mit AF am Ende FG verbunden, und AF wird an dem Punkte A aufgehangen, so wird AF sich unterhalb um eben so viel als GH oberwärts ausdehnen, und die Punkte A und H werden jederzeit einerlei Abstand von einander halten; folglich kann

335. Wenn ein Pendel errichtet wird, dessen Punkt der Aufhängung A, und sein Mittelpunkt der Oscillation H ist, es bei irgend einer Veränderung von Wärme oder Kälte weder verlängert noch verkürzt werden.

336. Man sieht also (334), daß, wie auch die Länge eines Pendels beschaffen ist, drei halbe Längen Stahl, und eben so viel Messing zugesetzt werden müssen, um eben so viel Ausdehnung aufwärts als unterwärts zu erhalten; wenn nun die ganze Länge der Stangen solchergestalt berichtiget ist, so können sie in dergleichen verschiedene Längen zerschnitten werden, als der Absicht am angemessensten ist, und so den Unbequemlichkeiten entgehen, irgend einen Theil davon unter der Linse des Pendels zu haben. Hier muß ich noch bemerken, daß die Schraube, wodurch die Länge des Pendels berichtiget wird, so nahe als möglich auf den Mittelpunkt der Schwere der Linse wirken muß, auf welche Art denn irgend eine Ausdehnung der Linse keineswegs den Abstand des Mittelpunkts der Oscillation von dem Punkte der Aufhängung verändern kann: dieß kann besonders vermittelst einer langen Röhre, die an der Nuß am Boden des Pendels befestiget ist, und durch die Linse aufwärts bis zum Mittelpunkte der Schwere geht, bewirkt

werden,

werden, wo sie auf die Schraube wirkt, und die Linse unterstützt.

337. Da nun die Ausdehnung des Stahls unterwärts, und diejenige des Messings aufwärts geht, so werden sie zu einander das Gleichgewicht halten, ohne Rücksicht auf die Menge der Theile zu nehmen, in welche sie zerschnitten worden, denn die Wirkung des Ganzen besteht aus den Wirkungen aller Theile. Wenn daher

338. Die stählerne Stange AF Taf. IX. Fig. 1. in drei ungleiche Längen, und die messingene Stange HG in zwei Längen zerschnitten wird, und es werden diese fünf Theile angewendet, und mit einander verbunden wie Fig. 2. so wird das Messing sich aufwärts eben so viel ausdehnen, als der Stahl unterwärts, und der Mittelpunkt der Oscillation B wird jederzeit einerlei Abstand von A, dem Punkte der Aufhängung, behalten; auch wird die Ausdehnung der kleinen Quertheile, welche die Stangen mit einander verbinden, von keiner Wirkung sein, da sie bloß zur Seite erfolgt.

339. Obschon der Theorie nach bloß fünf Stangen erforderlich sind, um einen Rost (338) zu machen, so sind in der Praxis doch neune nöthig, damit die Stange, woran das Pendel unmittelbar gehangen wird, zu jeder Seite gleichmäßig unterstützt werde, und um eine solche zitternde Bewegung oder Biegung der Stangen zu verhindern, als außerdem Statt haben dürfte. Man sieht aus Fig. 3. daß die Stangen zu beiden Seiten solchergestalt auf beide Enden der Querstangen gleichförmig wirken müssen, so daß auf diese Art alles Biegen der obern verhindert wird, als außerdem durch die Schwere der Linse B Statt gefunden haben dürfte, auch vermehren diese beigängigen Stangen keineswegs die Ausdehnung.

340. Fig.

340. Fig. 4. stellt die Art der Verbindung der Stangen zu einem Roste vor, und von der Größe verzeichnet als insgemein angewendet wird, nur daß die Stangen in der Mitte abgebrochen worden sind; die Buchstaben, mit welchen die runden Stangen bezeichnet sind, bemerken das Metall einer jeden, und derjenige Theil der mittlern Stange über dem Theile E dient bloß, die drei Stangen zu jeder Seite in einerlei Fläche mit den zwei äußern zu erhalten; eben dieß ist auch am untern Ende des Rosts der Fall, welcher bloß in dem Quertheile E mit dem Stifte befestigt wird, so daß sie sich frei, aber ohne Schlottern in den Theilen C, D, F und G bewegen kann.

341. Ich habe jederzeit das Aufhängen vermittelst zwei Federn, demjenigen mit einer vorgezogen; ich habe zugleich hier den Theil, woran die Federn befestiget werden, nebst dem Theile C, worauf er geschraubt wird, in verschiedenen Lagen verzeichnet, so wie auch alle übrige Quertheile besonders vorgestellt, und mit den nämlichen Buchstaben wie im Pendel bezeichnet worden sind.

342. Die aufrechten Stangen oder Drähte werden insgemein gegen die Mitte durch ein oder mehrere Quertheile verbunden, wodurch das Zittern noch mehr verhindert wird, als es außerdem vermöge ihrer elastischen Biegsamkeit der Fall sein dürfte; diese Theile werden an den zwei äußern Stangen mit Stiften befestiget, so daß die übrigen sieben frei, aber ohne Schlottern durch die Löcher in denselben gehen können.

343. Nach allem, was bisher erwähnet worden ist, hat man angenommen, daß die Ausdehnung des Messings zu derjenigen des Stahls in dem genauen Verhältnisse wie 5 zu 3 stehe, und daß alle Dimensionen darnach genau genommen worden; indessen kann

kann aber doch, wenn bei einem Versuche das Gegentheil gefunden werden dürfte, der Rost berichtiget werden, indem man den Quertheil F herauf oder herab schiebt, weßwegen denn auch verschiedene Löcher in der aufrechten Stange gemacht worden, die genau denjenigen in dem Theile F Fig. 4. entsprechen.

344. Ferner bemerke ich noch beim Baue der Roste, daß runde Drähte den viereckigen, selbst der Theorie nach, und unabhängig von allen praktischen Vortheilen vorzuziehen sind, weil die Luft zu jedem Drahte einen mehr gleichförmigen und freien Zugang hat, weßwegen denn auch die Drähte niemals dicht an einander stehen müssen; auch sieht man hieraus,

345. Daß Roste aus viereckigen Stangen, welche dicht an einander liegen, gewissermaßen das Unbequeme der unbeweglichen Thermometer (325) haben, obschon nicht in demjenigen Grade, als wenn hohle Cylinder gebraucht werden.

Ich komme nunmehr zur Theorie des Pendels des Herrn Ellicot, dessen Beschreibung ich hier nach seinen eigenen Worten anführe.

346. Taf. X. Fig. 1. stellt das Pendel vor, woran a b eine Stange von Messing ist, welche am obern Ende durch Stifte fest gemacht, und unter verschiedenen gleichen Entfernungen durch die Schrauben 1, 2 u. s. f. mit der Pendelstange, die von Eisen ist, verbunden wird, die denn auch, so weit als die messingene Stange reicht, von einerlei Größe und Form gefeilt worden, so daß sie daher auch in der Vorstellung selbst nicht bemerkt wird; allein etwas unter dem Ende der messingenen Stange wird sie breiter, wie bei dd, um die fernere Vorrichtung daran zu befestigen, und ist von hinreichender Länge, damit die Linse des Pendels

bis

bis c frei durchgehen kann. Die Löcher 1, 2 u. s. f. in der messingenen Stange, wodurch die Schrauben in die eiserne Schraube des Pendels gehen, werden, wie in der Figur angegeben worden, von hinreichender Länge gefeilt, damit die messingene Stange von der Wärme und Kälte sich frei unterhalb den Köpfen der Schrauben ausdehnen und zusammenziehen könne. e e e e stellt die Linse des Pendels vor. f f sind zwei starke Theile von Stahl, oder Hebel, deren innere Mittelpunkte oder Zapfen sich in zwei Löchern drehen, die in den breiten Theil der Pendelstange gebohrt werden, und ihre äußern in einen starken Kloben, der auf den nämlichen Theil der Stange aufgeschraubt worden, in der Vorstellung aber nicht angegeben ist, um den Mechanismus nicht zu verdecken. g g sind zwei Schrauben, die am Rande eingelegt werden, und bis innerhalb der Oeffnung nahe gegen den Mittelpunkt der Linse reichen. Die Enden dieser Schrauben zunächst dem Mittelpunkte haben die Form wie in der Vorstellung angegeben worden, welche, da sie mit der ganzen Schwere der Linse auf die längern Aerme der Hebel drücken, die kürzern Aerme gegen die messingene Stange bei b stoßen. Ist nun dieses alles solchergestalt eingerichtet, so wollen wir annehmen, daß die Pendelstange, und die damit verbundene messingene Stange durch die Wärme länger werde; da nun aber die messingene durch Wärme sich mehr verlängert als die eiserne von der nämlichen Länge, so wird alsdann die messingene Stange vermöge ihrer größern Ausdehnung auf die kurzen Aerme der Hebel unterwärts bei b drücken, und zu gleicher Zeit nothwendig die Linse, welche auf den längern Aermen der nämlichen Hebel bei f f ruht, in dem erforderlichen Verhältnisse heben. Vorausgesetzt nun, daß das Ende der Schrauben auf die Hebel unter dem erforderlichen Abstande von den Mittelpunkten wirkt, so wird alsdann diese Linse jeder-

jederzeit unter einerlei Entfernung von dem Aufhängungspunkte erhalten werden, ungeachtet die Pendelstange durch Wärme oder Kälte Veränderungen erlitten haben dürfte. Wie groß dieser Abstand sein müsse, kann sehr nahe bestimmt werden, wenn der Unterschied der Ausdehnung zwischen der eisernen und messingenen Stange bekannt ist, denn das Verhältniß, in welchem die kürzern Aerme der Hebel zu den längern stehen müssen, wird jederzeit sein, wie der Ueberschuß der Ausdehnung des Messings zur ganzen Ausdehnung des Eisens, welches folgendergestalt bewiesen werden kann.

Es stelle die Linie a b Taf. X. Fig. 2., welche senkrecht auf die Linie e f gezogen worden, eine eiserne Stange vor, und die Linie e d eine messingene, die punktirte Linie b g die Ausdehnung der eisernen Stange unter irgend einem Grade von Wärme, und die punktirte Linie dh, die Ausdehnung der messingenen Stange von dem nämlichen Grade der Wärme; man ziehe die Linie gi parallel mit der Linie ef, so wird alsdann i h den Unterschied der Ausdehnung der zwei Metalle vorstellen: durch die Punkte h, g ziehe man ferner eine gerade Linie, welche die Linie e f in k schneide, und angenommen werden kann, daß sie einen der Hebel vorstellt, der um den Mittelpunkt bis g sich drehe, wo denn h der Punkt sein wird, wo die messingene Stange auf den kürzern Arm des Hebels wirkt, und k der Punkt, wo die Schraube auf den längern Arm dieses Hebels wirkt, und da dieß der Ort ist, wo die Linie e f durchschnitten wird, so sieht man leicht, daß die Linse des Pendels durch den Hebel eben so viel gehoben wird, als sie vermöge der Ausdehnung des Eisens würde herabgetrieben worden sein; nun ist aber das Dreieck i h g dem Dreiecke b g k ähnlich, es wird daher, so wie i h, der Ueberschuß der Ausdehnung des Messings, zu b g der ganzen Ausdehnung des Eisens

ist

ist, gh, der kürzere Arm des Hebels, zu gk dem längern Arme desselben sein.

Bei c Fig. 1. liegt eine starke doppelte Feder, welche gegen den untern Rand der Linse drückt, und dadurch verhindert, daß die messingene Stange vermöge der starken Bewegung darauf bei dem Punkte b nicht gebogen werde, welches denn bei einer beträchtlich schweren Linse leicht der Fall sein dürfte. Die hier gegebene Beschreibung ist genau nach der originellen Einrichtung: die einzige Veränderung, die ich seitdem daran unternommen habe, besteht darin, daß ich die Schrauben g g innerhalb der Linse des Pendels lege.

347. Ich will wegen dieser Einrichtung keine fernere Erklärung beifügen, da die Beschreibung des Erfinders vollkommen deutlich ist, auch findet bei seinem Beweise kein Fehler Statt, wenn die Voraussetzungen, worauf er sich gründet, angenommen werden; indessen ist es erforderlich, daß nicht nur alle mathematische Beweise sich auf Data gründen, die vollkommen richtig sind, sondern auch daß sie jeden Umstand in sich begreifen, der etwa auf das Resultat Einfluß haben kann, als in welchem Falle allein Theorie und Praxis mit einander übereinstimmen können.

348. Man sieht wohl, daß der obige Beweis die Pendelstange vollkommen unbiegsam voraussetzt, und daß alle Theile sich ohne Anreibung bewegen, so daß alles vollkommen sanft und gleichförmig erfolge. Allein

349. Ist die Pendelstange nur einigermaßen biegsam, und es findet in irgend einem Theile der Einrichtung Anreibung Statt, so wird die Bewegung alsdann keineswegs so sanft geschehen, und die Unregelmäßigkeit der Bewegung wird mit der Anreibung und Biegsamkeit der Stange zunehmen. Beispiel:

350. Wenn

350. Wenn zwei Stangen von verschiedenen Metallen an dem einen Ende fest mit einander verbunden werden, allein sich frei und ohne Widerstand auf einander gegen das andere Ende bewegen können, so werden sie sich gleichförmig und ohne das geringste Biegen ausdehnen und zusammenziehen, wie Taf. XI. Fig. 1.

351. Allein, werden diese Stangen mit einander nicht nur an ihren Enden, sondern auch an verschiedenen zwischenliegenden Stellen verbunden, und besitzen verschiedene Ausdehnungen, so werden sie einen Kreisbogen machen, wie Fig. 2. wo denn der Widerstand, welchen diese elastischen Stangen gegen das Biegen machen, wie die Räume wächst, nach denen sie gebogen worden. Es werden daher

352. Solche Stangen, wenn sie bloß an dem einen Ende, und vermöge einer begränzten Kraft an einander fest verbunden werden, bei irgend einem Wechsel von Wärme und Kälte fortfahren sich zu biegen, bis die Steifigkeit der Stangen (351) zum Theil die gleichförmig begränzte Kraft übertrifft, wodurch sie mit einander verbunden sind; bei welcher Periode denn die Stangen sich schnell auf einander schieben, und gerade werden; und da diese begränzte Kraft nicht länger vermögend ist, mit dem Widerstande der Stangen im Gleichgewichte zu stehen, so werden sie sich solchemnach biegen und bei den Veränderungen der Wärme und Kälte sich wechselsweise bewegen, wo denn die Räume, unter denen sie sich biegen, jederzeit von dem Verhältnisse abhängen, in welchem die begränzte Kraft, welche die Stangen verbindet, zu ihrer Steifigkeit steht.

353. Man hänge zwei solche Stangen an dem einen Ende auf, und bringe ein Gewicht an das andre Ende an, wie Fig. 3., welches Gewicht denn so-

 wohl

wohl als die Steifigkeit der Stangen streben werden, ihrem Biegen zu widerstehen; dieser Widerstand, welcher dadurch entsteht, wächst denn wie der Quersinus des Bogens, unter welchem die Stangen gebogen werden, und in der Vorstellung durch die punktirte Linie angegeben worden; die Anwendung dieses Gewichts wird das Biegen geringer und häufiger machen, so daß mehr eine gleichförmige Bewegung dadurch erhalten wird.

354. Wenn wir nun die Anreibung auf alle Theile eines solchen Pendels, wie Taf. X. vorgestellt worden, als eine begränzte Kraft betrachten, welche die untern Enden der messingenen und stählernen Stangen verbindet (denn sie können keine relative Bewegung haben, bis diese Anreibung überwältiget ist), so wird das Biegen der Stangen unter gleichen Umständen darnach verhältnißmäßig sein (352, 353); so daß durch Verminderung der Anreibung die Bewegung gleichförmiger gemacht wird, welches auch der Erfinder voraussahe, daher er die doppelte Feder unter der Linse anbrachte.

355. Indessen darf diese Feder keineswegs die ganze Schwere der Linse tragen, daher denn, ungeachtet die Anreibung sehr vermindert werden kann, sie doch niemals durch Anbringung einer solchen Feder ganz aufgehoben wird, so wie wir denn auch nicht vollkommen sicher sind, daß die Schrauben g, g Taf. X. Fig. 1. gleichmäßig auf die Hebel wirken; ist nun dieses nicht der Fall, so müssen sie die Linse auf eine Seite neigen, und sich folglich an dem obern Theile gegen die Stangen reiben, wodurch denn eine Anreibung entsteht, welche jederzeit stoßweise wirkt. (In gewissen Fällen erzeugt Anreibung wieder Anreibung; so wird, wenn ein nasser Finger vorwärts längs einer glatten Tafel gestoßen wird, wie Taf. X.

Fig.

Fig. 3. vorgestellt worden, er sich jedesmal stoßweise bewegen; allein, wird er rückwärts bewegt, so schiebt er sanft darüber hin: der Fall ist hier gewissermaßen der nämliche, wenn die Hebel nicht einen gleichen Druck von den Schrauben erleiden, welche die Linse tragen. Bei einem Pendel, welches ich gegenwärtig nach den hier gegebenen Verbesserungen mache, erhält die Feder, welche die Linse trägt, eine spiralförmige Gestalt, wie bei kleinen Federwagen, so daß sie sich mit der größten Freiheit bewegt, und vermittelst einer Schraube unterhalb der Linse, innerhalb welcher die Feder sich befindet, kann ihre Wirkung willkührlich verstärkt oder vermindert werden, und solchemnach die Hebel irgend einen gegebenen Theil der Last tragen. Zugleich habe ich daran zum Theil die Art abgeändert, um die Hebel einzurichten, die Herr Ellicot angegeben hat, wodurch denn die Länge des Pendels vermöge einer solchen Vorrichtung weniger verändert werden kann.)

356. Da die Anreibung auf die Hebel wenigstens beinahe gleichförmig ist, und der Widerstand, welchen das Gewicht und die Steifigkeit der Stangen auf das Biegen verursachen, von wachsender Beschaffenheit ist (352, 353), so folgt, daß, wenn die Stangen gerade sind, der Widerstand auf das Biegen gänzlich aufhört; auch kann er nicht Statt haben, ehe nicht die Stangen zum Theil gebogen werden, so wie denn auch ferner das Biegen nicht aufhören wird, bis dieser Widerstand so sehr anwächst, daß er die Anreibung übersteigt (354); folglich muß denn, da es eine Anreibung giebt, ein Biegen Statt finden, welches Biegen aber eine Unregelmäßigkeit in der Bewegung erzeugen muß, die, so geringe sie auch ist, oder so unmerklich sie auch sein kann, bei einem Versuche doch immer die Wirkung minder genau machen muß, als wenn die Bewegung gleichförmig wäre; eine solche Vorkehrung also, die

nicht einmal die Wahrscheinlichkeit einer solchen Unregelmäßigkeit gestattet, ist daher gewiß vorzuziehen. (Es ist wahrscheinlich, daß irgend eine Verbesserung des Pendels des Herrn Ellicot, außer dem, wie es gegenwärtig beschaffen ist, der Vervollkommnung nicht sehr entsprechen dürfte, weil der Einfluß des Oels, oder irgend andre Unvollkommenheiten der Bewegung das natürliche Bestreben der Vibration stören können; allein wenn alle jene Zufälle auch aufgehoben werden, so verdienen diese jedoch Aufmerksamkeit, so wie denn die Wirkung von ihrem Aufheben ohnstreitig in dem Gange der Uhr sehr merklich werden wird.)

357. Nachdem ich mich nun solchergestalt bemühet habe, die vornehmsten Unvollkommenheiten auszuzeichnen, denen, wie ich glaube, das Pendel des Herrn Ellicot in seinem gegenwärtigen Zustande ausgesetzt ist, so will ich nunmehr auch suchen, ihnen oder irgend andern, die mir vorkommen, abzuhelfen, um ihm solchergestalt alle diejenigen Vortheile zu verschaffen, deren die Einrichtung besonders fähig zu sein scheint: auch zweifle ich nicht im Geringsten, daß er sie nicht selbst billigen sollte, wenn es mir gelingt, eine Einrichtung zu vervollkommnen, die er dem Publikum so bereitwillig mitgetheilt hat; auch glaube ich nicht, daß die Bosheit selbst eine ähnliche Untersuchung zu einem Bruch der Freundschaft umwandeln dürfte, da ich mit Wahrheit sagen kann, daß mein Beifall an dieser Einrichtung mich dazu verleitete, so wie es zugleich ein Beweis ist, daß ich meinem Grundsatze getreu bleibe, wenn ich den Beweis der Meinung vorziehe, und es daher keineswegs Verachtung anzeigt, wenn das eine dem andern entgegen gestellt wird.

358. Wenn drei Stangen von Metall, eine von Messing und zwei von Stahl, an dem einen Ende fest

mit

mit einander verbunden, und durch irgend eine bestimmte Kraft gegen das andre Ende gehalten werden, so wird irgend eine Vermehrung der Wärme die messingene Stange mehr ausdehnen als die stählernen, und sie würde, wenn sie nur mit einer von den stählernen Stangen verbunden würde, gebogen werden, wie Fig. 2. Taf. XI.; da sie aber hier mit einer stählernen Stange auf jeder Seite verbunden wird, so streben sie, dieselbe vermittelst der begränzten Kraft, welche sie verbindet, zu biegen, indem jede auf ihre eigne Art wirkt, wodurch sie der Wirkung jeder andern entgegen wirken und sie aufheben, und solchergestalt kein Biegen in diesem Falle Statt haben kann: nun wird aber die geringste Veränderung in ihren Ausdehnungen die relativen Lagen an ihren Enden ändern, so daß die Bewegung gleichförmig und regelmäßig sein wird, wofern nicht der Widerstand so groß ist, daß die Stangen eigentlich gestreckt werden, welches aber hoffentlich bei einem gut bearbeiteten Pendel der Fall niemals sein kann.

359. Bei Pendeln mit Hebeln also müssen zwei Stangen von Stahl und eine von Messing angewendet werden, wie Fig. 7. Taf. XI. vorgestellt worden. Die Schrauben, welche die Stangen verbinden, werden so eingerichtet, daß die messingene Stange sich frei zwischen den stählernen bewegen kann, so wie denn die Stangen in einiger Entfernung von einander gelegt werden müssen, um einen freien Durchgang der Luft zu der messingenen Stange zu gestatten, damit sie zu gleicher Zeit mit den stählernen erwärmt und erkältet werde, wodurch die Wirkung ungleich vollkommner wird, als wo das Messing bloß durch Mittheilung des Stahls verändert wird, mithin in der That dieser an sich zwar geringe Umstand keineswegs zu übersehen ist, wenn

wenn wir uns dessen erinnern, was bereits oben (248) erwähnet worden ist.

360. Nach dem, was ich hier gesagt habe (358), dürfte man beim ersten Anblicke glauben, daß unter solchen Umständen wenig oder gar nicht Rücksicht auf die Stärke der Anreibung genommen werden dürfte, oder daß die Hebel eine gleiche Last tragen; allein wir müssen bemerken, daß, obschon das Biegen der Stangen auf diese Art in der Richtung verhindert wird, worin es natürlich bei dem höchsten Grade Statt findet, ein ungleiches Tragen der Hebel die Stangen nach der Seite biegen würde, und obschon dieses sehr geringe ist, wenn es besonders gegen dasjenige verglichen wird, dessen wir vorher erwähnet haben, so kann es doch nicht schaden, wenn man alle Sorgfalt anwendet, und so viel als möglich selbst die Wahrscheinlichkeit eines Biegens, so geringe es auch sein dürfte, zu vermeiden sucht.

361. Taf. XI. Fig. 5. stellt eine von den stählernen Stangen nebst der messingenen Stange und den Hebeln vor, worauf die Wirkung vermittelst des Theils b solchergestalt geschieht, daß jeder gleichen Druck erhält, wenn auch die Bearbeitung selbst minder genau sein dürfte.

362. No. 1. unter Fig. 5. stellt das untere Ende der messingenen Stange nebst dem Cylinder c und dem Theile b, jedes besonders, vor. No. 2. und 3. sind verschiedene Vorstellungen der Hebel.

363. Fig. 6. ist ein Theil einer der stählernen Stangen, welcher an die Stangen Fig. 5. so geschraubt wird, wie Fig. 7. vorgestellt worden. Die große Oeffnung an derselben dient, um das Ende der Hebel nebst dem Theile b u. s. f. zu sehen. Nach dem, was ich bereits erwähnet habe, sieht man, daß das Pendel des Herrn Ellicot mit zwei Stangen nicht vollkommner gemacht werden kann, als der Rost mit

fünf

fünf Stangen (339); auch kann die Wirkung bei keinem Pendel mit Hebeln vollkommen gemacht werden, wenn jeder nicht eine gleiche Last (360) trägt, so daß folglich kein Pendel mit einem Hebel eine vollkommne Wirkung leisten kann.

364. Indessen ist nach dem, was ich bereits gesagt habe, keineswegs zu folgern, daß dieses Pendel in seinem gegenwärtigen Zustande die nämlichen Unvollkommenheiten habe, als ein Rost mit fünf Stangen (339), ob es freilich schon in einem geringern Grade die nämliche Unbequemlichkeit hat: allein wenn drei Stangen angewendet werden, und die Last auf jeden Hebel gleichförmig gemacht wird, so wird die Wirkung des Ellicotschen Pendels in jeder Rücksicht dem Rostpendel gleich, und wird zugleich noch den Vorzug haben, daß es leichter und genauer eingerichtet werden kann, als irgend ein Rostpendel, was ich je gesehen, ohne noch verschiedener andrer geringerer Vortheile zu erwähnen (329).

365. Der Einwurf, welcher indessen dem Ellicotschen Pendel wahrscheinlich noch gemacht werden wird, ist, daß es vermittelst des Hebens der Pendelfeder durch einen Schlitz u. dgl. regulirt werden muß, wodurch aber die Länge der Feder bei Regulirung der Länge des Pendels verändert wird; allein ob dieß schon eine Unvollkommenheit in dem Bau der Uhrthermometer (323) ist, so ist sie doch in diesem Falle nicht von gleichem Gewichte; denn wenn das Pendel einmal dahin gebracht worden, daß es wahre Zeit vibrirt, so wird die Länge seiner Feder nicht weiter geändert; und überdieß giebt es auch noch verschiedene andre Verfahrungsarten der Regulirung, wo dieser Einwurf nicht Statt findet.

366. Was die Vermehrung des Widerstandes betrifft, welcher etwa von der Oeffnung in der Linse

herrüh-

herrühren dürfte, so will ich auch ferner noch zeigen, wie der Widerstand der Luft bei diesem sowohl als bei andern Pendeln vermindert werden kann, wenn man ihre Gestalt ändert.

367. Wenn bei dem Rostpendel die Linse an dem untern Rande getragen wird, so ist die ganze Ausdehnung derselben oberhalb, und ihre Verminderung unterhalb, so wie ferner die Wirkungen der Wärme und Kälte auf einen so starken Körper mit denjenigen der Pendelstange nicht gleichen Schritt halten können; die Wirkung eines Rostes ist also in diesem Falle minder vollkommen als beim Ellicotschen Pendel, welches jedoch dadurch berichtiget werden kann, daß man die Linse in ihrem Mittelpunkte der Schwere unterstützt. Ueberhaupt

368. Besteht der einzige materielle Unterschied, den ich unter den Vorzügen dieser sinnreichen Erfindung in ihrem vollkommensten Zustande entdecken kann, darin: Daß das Pendel des Herrn Ellicot am leichtesten berichtiget werden kann; und daß, wenn die Luft freien Durchgang zwischen seinen Stangen hat, sie gleichmäßiger erwärmt und erkältet werden, als selbst diejenigen eines Rostes, wo die Stangen an ihren Enden irgend Veränderungen in der Temperatur der Luft früher erleiden als gegen die Mitte, und daß daher nothwendig die Wirkung am vollkommensten sein muß, wo alle Stangen am gleichmäßigsten erwärmt und erkältet werden (329).

369. Ich will mich jetzt bemühen, das Wesentliche dessen, was ich eben erwähnet habe, in so fern es sich auf den Einfluß der Wärme und Kälte auf die Pendel beziehet, unter einen Gesichtspunkt zu bringen.

Daß nämlich hölzerne Pendelstangen

bei

bei Uhren gut thun, wo der Einfluß des Oels auf die Lappen Statt findet.

Daß, wenn nicht der Einfluß des Oels bei Uhren weggenommen wird, ihr Gang verschlimmert werden kann, wenn der Einfluß der Wärme und Kälte auf das Pendel, besonders bei zurückfallenden Lappen, gänzlich aufgehoben wird (195, 196).

Daß kein Thermometer, welches an seinem Orte unbeweglich bleibt, den Einfluß der Wärme und Kälte auf die Pendelstange (325) vollkommen aufheben kann.

Daß das Merkurial-Pendel zu geschwind von den Veränderungen der Wärme und Kälte leidet, und daher niemals eine vollkommne Wirkung leisten kann, den Einfluß davon aufzuheben (326).

Daß das Verfahren vermittelst des Rostes und des Herrn Ellicots zu Aufhebung des Einflusses der Wärme und Kälte mir gegenwärtig am besten geschienen hat (331).

Daß kein Pendel mit einem Hebel gemacht werden kann, das die vollkommenste Wirkung gestatte (363).

Daß die Stangen in dem Ellicotschen Pendel gleichmäßiger erwärmt und erkältet werden, als in dem Rostpendel (368).

Und daß ersteres ungleich leichter berichtiget werden kann, als letzteres (368).

370. Diese zwei letztern Eigenschaften geben der Einrichtung mit Hebeln im Allgemeinen den Vorzug. Habe ich in dieser Untersuchung etwas übersehen oder gefehlt, so wird die Art, die ich im Ganzen beobachtet habe, Kennern das Fehlende leicht entdecken lassen.

371. Ver-

371. Verschiedene dürften hier vielleicht noch erwarten, das Verfahren bestimmt anzugeben, wenn solche Pendel genau eingerichtet worden; allein wo die Zeit es gestattet, wird eine gehörige Aufmerksamkeit auf den Gang der Uhr die besten Mittel dazu darbieten, weil hier viele Umstände zugleich eintreten, die diese oder jene Wirkungen erzeugen können.

372. Was die Veränderungen betrifft, die in der Wirkung der Schwere sich ereignen können (307), so finden sie bloß bei Veränderung der Breite Statt, und müssen durch die Länge des Pendels berichtiget werden.

373. Nachdem ich bereits gezeigt habe, wie man die unterhaltende Kraft vollkommen gleichförmig (300), den Punkt der Aufhängung unbeweglich (315), und die Länge des Pendels unveränderlich (316 bis 373) machen muß; so scheinen gegenwärtig solche Veränderungen, als sich in der Dichtigkeit der Luft zutragen, die einzige Ursache zu sein, welche die Länge oder die Zeit der Vibration verändern können.

374. Ich fahre daher fort, die komparativen Wirkungen zu untersuchen, welche solche Veränderungen auf die Zeiten der Vibrationen haben können, die in cykloidischen und kreisförmigen Bogen geschehen, wenn keine andre Ursache auf Abänderungen der Zeiträume wirkt.

375. Wenn man ein Pendel in einem luftleeren Recipienten, frei von allem Widerstande jeder Art vibriren ließe, so würden die Vibrationen fortfahren gleichförmig und isochronisch zu sein (14), sie mögen nun in cykloidischer oder kreisförmiger Krümmung geschehen: und

376. Wenn die Wirkung der Schwere auf ein solches Pendel geändert würde, so würden seine Zeit-

Zeiträume der Vibration es auch sein (17); denn in diesem Falle ist die absolute Schwere des Pendels seine motive Kraft.

377. Auch würde keine Veränderung in der Wirkung der Schwere die Länge der Vibration verändern, denn das Hinderniß gegen ihr Steigen wächst oder nimmt ab, wie ihre Kraft des Fallens.

Und die Geschwindigkeit eines solchen Pendels wird wie seine bewegende Kraft sein, so wie ferner die Zeiträume desselben umgekehrt wie die Geschwindigkeit, d. i. umgekehrt wie seine bewegende Kraft sein werden.

378. Wenn aber ein Pendel in irgend einem schweren Medium vibrirt, so ist seine komparative Schwere die bewegende Kraft, d. i. wenn die Schwere des Volumens des Mediums von der absoluten Schwere abgezogen wird, ist der Ueberrest allein die bewegende Kraft. (Man sehe dieserwegen 6. Coroll. Prop. 24. von Isaac Newton's Princ. math. Vol. 2.) Daher wird denn

379. Irgend eine Veränderung in der Dichtigkeit des Mediums die bewegende Kraft (378) verändern; und wenn ein solches Medium als nicht widerstehend betrachtet wird, so wird es die Länge der Vibration (377) nicht verändern; es würde folglich jede Veränderung in seiner Dichtigkeit, vermöge Veränderung der bewegenden Kraft, eine gleiche Veränderung in den Geschwindigkeiten und Zeiten solcher Vibrationen verursachen, die in cykloidischen oder kreisförmigen Bogen geschähen. Allein

380. Da die Luft ein resistirendes Medium ist, so wird ihr Widerstand wie ihre Dichtigkeit wachsen, als die Wirkung eines solchen Widerstandes zu Vernichtung der Bewegung des Pendels, und Verkürzung seiner Bogen der

Vibra-

Vibration sein wird: allein diese Veränderungen, welche in dem Widerstande der Luft, einzeln betrachtet, erfolgen, haben auf die Zeiten keine Wirkungen (238, 19).

381. Indessen werden die kürzern Vibrationen in kreisförmigen Bogen in kürzerer Zeit geschehen als die längern (19): jedes Wachsen des Widerstandes der Luft also wird vermöge Verkürzung solcher Bogen gleichfalls die Zeiten der Vibration verkürzen, welche Wirkung jederzeit wie diese Dichtigkeit der Luft (300) sein wird. (Der Widerstand der Luft verlängert gewissermaßen die Zeit des Fallens mehr, als er die Zeit des Steigens eines Pendels verkürzt, welcher Unterschied sich mit dem ganzen Widerstande der Luft in jeder Vibration vermehren oder vermindern wird: allein der ganze Widerstand der Uhrpendel ist wie die unterhaltende Kraft (300); erstere wird also gleichförmig sein, wenn es letztere ist, und wird in solchem Falle auf die Zeit jeder Vibration gleichförmig wirken, welche gleichförmige Wirkung in der Länge des Pendels berichtiget wird.)

382. Da nun irgend eine Vermehrung der Dichtigkeit in der Luft, unabhängig von ihrem Widerstande, die Zeiträume der cykloidischen sowohl als der kreisförmigen Vibrationen nach Verhältniß dieser Vermehrung der Dichtigkeit verlängern wird (378), und da der Widerstand der Luft jederzeit wie die Dichtigkeit ist, und die Bogen der Vibration in dem nämlichen Verhältnisse verkürzt; so folgt, daß in kreisförmigen Bogen der Widerstand der Luft die Zeiträume der Vibration (19) um eben so viel vermindert, als die Verminderung in der bewegenden Kraft des Pendels von einer solchen

Ver=

Veränderung in der Dichtigkeit sie verlängert (378), und umgekehrt.

383. Es wird daher ein Uhrpendel, wenn es seine Bewegung vermöge einer vollkommen gleichförmigen Kraft (300) und so, daß es seinen Bogen der Vibration nach Verhältniß der Verminderung der Dichtigkeit in der Luft vergrößern kann, fortgesetzt hat, und umgekehrt, alle seine Vibrationen in kreisförmigen Bogen isochronisch machen (382), welches bei der cykloidischen Krümmung nicht der Fall wäre, wo alle Vibrationen von irgend einer Länge nur in einem Medium von gleichförmiger Dichtigket (379, 380) isochronisch sind. Man sieht also hieraus, daß bei Uhrpendeln Vibrationen, die in dem Bogen eines Kreises geschehen, denjenigen ungleich mehr vorzuziehen sind, die in der Cykloide geschehen, wenn die unterhaltende Kraft gleichförmig, und die Dichtigkeit des Mediums schwankend ist. (Was hier gegen die cykloidische Krümmung eingewendet wird, ist auch in Rücksicht der Anreibung auf die Lappen anwendbar; die vollkommenste zurückfallende Hemmung, oder irgend eine Ursache äußert ein Bestreben, entweder die Vibration von mehr gleichförmiger Länge zu machen, als hier angegeben worden, oder die Vibrationen in Verhältniß zu ihrer Länge zu beschleunigen. Sollte in Rücksicht der nähern Erklärung der Hemmung hier noch Einiges fehlen, als man vielleicht wünschen dürfte, so wird dieß die folgende Abhandlung deutlicher machen.)

Nachdem ich mich nun solchergestalt bemühet habe, die Wirkung einer jeden Ursache, als ich glaubte, daß sie auf den Gang einer Uhr Einfluß haben dürfte, einzeln zu untersuchen, und diese Wirkungen mit ihren Ursachen nach dem gegenwärtigen Zustande der Uhren ver-

verglichen habe: so glaube ich denn, solche Verbesserungen von den bereits vorgeschlagenen Berichtungen erwarten zu können, als irgend fernere Untersuchungen über die Natur der pendelartigen Vibrationen von keinem sonderlichen Belange für die unmittelbare Verbesserung der Uhren sein dürften; wäre indessen meine Muße meiner Neigung gleich, so wünschte ich vorzüglich eine praktische Theorie der Groß- und Kleinuhrmacherkunst zu entwerfen, die ich denn allgemein nutzbar zu machen suchen würde, wo ich besonders nach gehörig angestellten Versuchen nicht nur die Wahrheit jeder hier vorgeschlagenen Verbesserung erläutern, sondern unmittelbar bestätigen wollte: allein die Klugheit verbietet ein Unternehmen, welches so viele Zeit, Unkosten und Geistesanstrengung erfordert.

Versuche
zu
Verbesserung
der Taschenuhren.

Einleitung.

384. Da man allgemein annehmen kann, daß Taschenuhren eben so vollkommen bearbeitet werden können als Pendeluhren, indessen aber doch die Zeit niemals so vollkommen abmessen, so folgt natürlich, daß der Fehler hierbei mehr in der Unvollkommenheit der Grundsätze selbst als in der Ausführung liegt.

385. Ich will daher untersuchen:

Worin die Taschenuhren von den Pendeluhren verschieden sind;

Welcher Fehler von diesem Unterschiede entsteht; und

Wie und in welchem Grade diese Fehler verbessert werden können.

386. Die Umstände, nach welchen Taschenuhren von Pendeluhren verschieden sind, sind

Erstlich, daß bei Wanduhren die Bewegung insgemein durch Gewicht, bei Taschenuhren aber durch Federn erhalten wird.

Zweitens,

Zweitens, daß bei Wanduhren die Bewegung durch ein Pendel, in Taschenuhren aber durch die Unruhe und Spiralfeder regulirt wird.

Drittens können Wanduhren ihre Vibrationen nicht von selbst anfangen, wohl aber Taschenuhren.

Viertens sind Wanduhren größer als Taschenuhren, und

Fünftens sind Wanduhren an ihrem Orte befestigte, Taschenuhren aber tragbare Maschinen.

387. Dieß sind die vornehmsten Umstände des Unterschieds der Taschenuhren von den Wanduhren, deren jeder Wirkungen insbesondere ich jetzt näher untersuchen will, und wie ihnen am wirksamsten abzuhelfen sei.

Von der bewegenden Kraft der Taschenuhren.

388. Der vornehmste Fehler der Federn ist, daß ihre Wirkung nicht gleichförmig bleibt, sondern abnimmt, so wie sie sich aufwinden, ungeachtet dieses zum Theil freilich durch die Anwendung einer gut abgeglichenen Schnecke verbessert werden kann.

389. Da Wärme und Kälte alle Metalle verlängern und verkürzen, so ändern sie folglich auch die elastische Kraft der Federn solchergestalt, daß ihre Aeußerungen nicht zu allen Zeiten gleich sind, sondern in einem abwechselnden Zustande sich befinden, je nachdem die Temperatur der Luft, oder der Grad der Wärme und Kälte beschaffen ist, dem sie zufällig ausgesetzt werden.

390. Allein auch dieses Uebel, so nachtheilig es auch ist, ist nicht ohne Hülfe; denn die nämliche Ursache, welche jederzeit einerlei Wirkung erzeugt, kann mit Zuverlässigkeit durch das Gegentheil der

Aus-

Ausdehnung aufgehoben werden, wovon ich bei Gelegenheit der Thermometer mehr erwähnen werde.

391. Ich habe bereits gezeigt (155), daß der Einfluß der Wärme und Kälte auf das Oel an den Lappen von der schädlichsten Beschaffenheit sei, und kein Hülfsmittel dagegen Statt finde; eben dieß findet auch in Rücksicht des Oels an der Hauptfeder Statt; denn da an verschiedenen Orten die spiralförmigen Gänge der Feder einander berühren, so kann irgend eine Veränderung in der Zähigkeit des Oels die Wirkung der Feder auf die Schnecke merklich ändern, und solchemnach auch die Wirkung der Räder auf die Lappen.

392. Indessen kann die Anwendung des Oels bei der Hauptfeder minder Einfluß äußern, wenn man sie gegen das innere Ende zu schwächer macht, wodurch denn, da sie folglich gegen das äußere Ende am stärksten wird, sie früher sich aufwindet; die Wirkung der Feder wird daher von ihrem äußern gegen das innere Ende zu progressiv werden, und auf einmal nur ein Keil wirken, wodurch denn nothwendig die Anreibung verhindert, und die Anwendung des Oels vollkommen unnöthig gemacht wird; ihre Wirkung kann solchemnach (390) so gleichförmig gemacht werden, daß die größte Wirkung irgend zurückbleibender Unregelmäßigkeiten in dem Gange einer Taschenuhr nicht bemerkt werden kann.

393. Man dürfte indessen vielleicht einwenden, daß die Stärke solcher Federn ihre Härte am äußern Ende weniger vollkommen machen könnte als am innern; allein man muß sich zugleich erinnern, daß die äußern Theile aller Federn um größere Cylinder gewunden werden, als die innern, und daher eine weniger vollkommne Elastizität nöthig machen; nimmt man nun besonders darauf Rücksicht, daß Federn so breit gemacht werden, als es der Raum gestattet, und jeder

Theil ihrer Kraft gehörig angewendet wird, so glaube ich, daß keine merkliche Unbequemlichkeit, oder minderer Vortheil von der erforderlichen Stärke herrühren dürfte: allein zugegeben, daß stärkere Fe ern eher springen als schwächere, so muß doch das, was den vollkommensten Gang gewährt, unter solchen Umständen in vielen Fällen vorgezogen werden.

394. Als ich das Verfahren des Herrn Huyghens untersuchte, um die Wirkungen von gewissen Unregelmäßigkeiten in der Wirkung der Hauptfeder (216 bis 223) aufzuheben, so erwähnte ich, daß ich diesen Gegenstand nochmals vornehmen und untersuchen wollte, in wie fern diese sinnreiche Erfindung eine gleiche Wirkung bei tragbaren Maschinen ebenfalls haben dürfte, als ich dort bei Federuhren erwähnte, die beständig an einerlei Orte blieben (221). Man wird sich erinnern, daß

395. Der vorzüglichste Vortheil, den man im erstern Falle erlangte, von dem Steigerade herkam, welches durch ein kleines Gewicht in Bewegung gesetzt wurde (216), daß aber bei einer tragbaren Maschine gerade die entgegengesetzte Wirkung Statt haben würde, wie auch übrigens ihr Bau beschaffen wäre: denn die Wirkung des Gewichts auf das Steigerad würde alsdann nicht gleichförmig bleiben, sondern größtentheils von der Richtung und Geschwindigkeit abhängen, womit die Maschine bewegt würde.

396. Beispiel: Wenn ein schwerer Körper frei herabfällt, so wird er beinahe 16 Fuß in einer Sekunde Zeit fallen: allein fallen zwei Körper mit einander, und mit gleichen Geschwindigkeiten, so werden sie beziehungsweise in Ruhe sein, so wie denn auch der eine nicht das geringste Bestreben haben kann, den andern zu ziehen oder zu stoßen: auf gleiche Art wird die Wirkung des kleinen Gewichts auf das Steigerad nach

Verhältniß der Geschwindigkeit vermindert, womit die ganze Maschine herabgeht, und umgekehrt; Herrn Huyghens Verfahren, wodurch er seine Seeuhren jede halbe Minute aufzog, verursachte daher größere Unregelmäßigkeiten in ihrer unterhaltenden Kraft (so lange sie zur See waren), als von allen andern Unvollkommenheiten an Federuhren zusammen genommen entstehen konnten.

397. Wir wollen nunmehr annehmen, daß man ein oder mehrere Federn Statt eines Gewichts anwende, so sieht man leicht, daß jeder Fehler, welcher von der Bewegung der ganzen Maschine herrührt, aufgehoben werden wird; allein diese Federn, da sie dem Einflusse der Wärme und Kälte eben so ausgesetzt sind, als die Hauptfeder, werden folglich zu diesem Behufe keine Verbesserung gestatten; denn wenn irgend ein Grad von Wärme und Kälte die Wirkung dieser kleinen Federn auf das Steigerad ändert, z. B. ungefähr $\frac{1}{1000}$ Theil ihrer ganzen Kraft, so werden die Zeiten der Vibration eben so sehr gestört werden, als ob die Hauptfeder auf das Steigerad (ohne Zwischenwirkung solcher kleinen Federn) wirkte, und wird folglich eine Aenderung von $\frac{1}{1000}$ Theil der ganzen Kraft verursachen; denn in jedem Falle findet eine Aenderung von $\frac{1}{1000}$ Theile der ganzen unterhaltenden Kraft Statt; ich habe bereits gezeigt (80), daß die Veränderung in dem Maße der Zeit, unter gleichen Umständen, von der Veränderung in der unterhaltenden Kraft abhängt: der Gang der Uhr wird daher auf keine Art durch obige Mittel verbessert. Und

398. Wenn dieses Verfahren des öftern Aufwindens in tragbaren Maschinen auch in der That den Einfluß der Wärme und Kälte auf die Hauptfeder aufhöbe; so äußert sich dagegen wieder eine andre Wirkung, die in jedem Falle gleich (397), und in

verschiedenen andern vielleicht noch größer ist; denn solche Federn, welche auf dieses Steigerad wirken, sind ungleich schwächer, und jeder Wirkung mehr ausgesetzt als die Hauptfeder, so daß folglich viele solche Veränderungen von Wärme und Kälte, als wegen Kürze der Dauer auf die Hauptfeder nicht wirken können, hier ihren Einfluß äußern; wenn wir hier bloß auf den Einfluß der Wärme und Kälte auf die Federn Rücksicht nehmen, so kann folglich dieses Verfahren keine Vortheile gewähren.

399. Ich habe bereits gezeigt (392), wie man die Anwendung des Oels für die Hauptfeder vermeiden kann; wird nun solchergestalt ferner der Einfluß auf alle Zapfen, diejenigen der Unruhe und ihres Rades ausgenommen, aufgehoben, und solchergestalt alle Räder, außer einem, freigemacht werden; so ist bereits gezeigt worden, daß ein solcher Antheil des Einflusses des Oels zum ganzen Einflusse desselben, selbst bei Wanduhren, bloß ist wie 1 zu 199 (221); allein das Verhältniß zum Ganzen wird bei Taschenuhren noch geringer sein, wo der Einfluß auf die Unruhzapfen und Lappen wegen der größern Winkel und der Anzahl der Vibrationen sowohl als der größern Menge von Rädern ungleich beträchtlicher wird.

400. Allein zugestanden, daß der 200ste Theil des Einflusses des Oels durch dieses Verfahren aufgehoben werden dürfte, so könnte doch ein ungleich größerer Vortheil gewonnen werden, wenn man einen solchen Antheil der Wirkung der Hauptfeder, wie in dem obigen verlornen Falle anwendete; denn auf diese Art würde der Einfluß des Oels in dem umgekehrten duplikaten Verhältnisse der unterhaltenden Kraft (162) vermindert werden: ginge nun also der fünfte Theil der Wirkung der Feder solchergestalt verloren, so würde die Wirkung des Einflusses des Oels (auf das Maß der Zeit) nebst den übrigbleibenden vier

Fünf-

Fünftheilen zu seiner Wirkung nebst der ganzen Wirkung der Feder wie 25 zu 16 sein. (Man sieht nämlich, daß durch Vermehrung der bewegenden Kraft der Räder wie 5 zu 4, der Einfluß des Oels wie 16 zu 25 vermindert wird, d. i. etwas mehr als ein Drittheil: allein, werden die Räder frei gemacht (so oft dieß auch geschehen dürfte), so kann bloß der 200ste Theil des Einflusses aufgehoben werden.) Man sieht hieraus offenbar, daß in so fern als es den Einfluß des Oels betrifft, der erhaltene Vortheil durch Anwendung der ganzen Kraft der Hauptfeder auf die Lappen, zum erhaltenen Vortheil durch Freimachung der Räder beinahe wie 200 zu 3 ist.

401. Es ist bereits gezeigt worden (398), daß in so fern, als es den Einfluß der Wärme und Kälte auf Federn betrifft, diese Einrichtung schädlich ist; daß in so fern es auf den Einfluß des Oels Bezug hat, keine bessere Wirkung Statt findet (400); und daß, wofern nicht die periodischen Schwankungen in der Wirkung der Räder eine merkliche Wirkung auf das Maß der Zeit während der Wirkung auf einen Zahn äußern, er niemals wächst (54): und selbst zugestanden, daß solche periodische Schwankungen in der unterhaltenden Kraft schädlich wären, so sind doch diejenigen, welche sich durch das Auslösen des sich aufwindenden Theils im obigen Falle ereignen, es nicht weniger, als diejenigen der Räder und Triebe.

402. Man sieht also nicht den geringsten Schatten von Verbesserung durch ein solches Freimachen irgend einer Anzahl von Rädern bei tragbaren Maschinen jeder Art; vielmehr muß, wenn man diese Perioden des Aufwindens häufiger macht, als die Federn erfordern, welche das Steigerad treiben, jede so stark als die Spiralfeder, der Gang leiden, wie ich näher zeigen werde, wenn ich von den Thermometern handeln werde; so

so wie denn bei 30 Stundenuhren, deren Spiralfedern von einer gehörigen Stärke sind, obige Regel nicht einmal gestatten wird, ein einziges Rad frei zu machen, vielweniger sie jede halbe Minute aufzuziehen; wir können daher sicher bei allen tragbaren Maschinen dieser Arbeit überhoben sein, die ein solches Verfahren der Freimachung der Räder verursachen dürfte.

403. Das Verfahren, welches ich angegeben habe (300), die unterhaltende Kraft bei Wanduhren vollkommen gleichförmig zu machen, würde bei tragbaren Maschinen den nämlichen Unbequemlichkeiten unterworfen sein: man sieht daher, daß in dieser Rücksicht Taschenuhren jederzeit den Wanduhren nachstehen, obschon bei gehöriger Aufmerksamkeit auf das, was bereits in dem vorhergehenden Versuche in Rücksicht der unterhaltenden Kraft, und einer zweckmäßigen Anwendung eines Thermometers erwähnet worden, die Wirkung auf die Lappen bei Taschenuhren dahin gebracht werden kann, daß die Zeiten der Vibration eben so wenig gestört werden, als es insgemein bei Wanduhren der Fall ist. Indessen

404. Derjenige, welcher Versuche den Beweisen vorzieht, wird in Rücksicht der Fehler alle Genugthuung erhalten, die von allen den Unvollkommenheiten der Hauptfeder, selbst in ihrem gegenwärtigen Zustande, herrühren, wenn er den Gang zweier Uhren mit einander vergleicht, eine mit Gewicht, die andre mit der Feder; so daß ich nach darüber angestellten Versuchen behaupten kann, daß, wenn die unterhaltende Kraft, die Winkel der Vibrationen und die Schwere des Pendels u. s. f. in diesen zwei Uhren gleich gemacht werden, ihr Gang zeigen wird: daß bloß ein sehr geringer Theil von Fehlern in Taschenuhren von den Unvollkommenheiten der Hauptfeder herrührt, selbst wo

kein

kein Thermometer zur Gegenwirkung angewendet wird. (Macht nicht die nämliche Wärme, welche die Hauptfeder und Kette verlängert, das Oel an den Zapfen flüssiger, und vermehrt den Durchmesser der Spindel? es scheint mir daher wahrscheinlicher, daß die Kraft auf die Lappen gleichförmiger gemacht wird, als wenn die Wirkung der Hauptfeder keiner Veränderung von Wärme und Kälte ausgesetzt wäre, denn diese einander entgegengesetzten Wirkungen suchen einander zu verbessern.)

Wanduhren werden durch ein Pendel, Taschenuhren durch Unruhe und Spiralfeder regulirt.

405. Um diese Materie gehörig zu untersuchen, ist es erforderlich, die Unruhe und ihre Spiralfeder mit einem Pendel sorgfältig zu vergleichen, und zu prüfen, in wie fern sie die nämlichen Eigenschaften erhalten können: ich werde daher dieserwegen die allgemeinen Eigenschaften des freien Pendels, deren ich in dem vorhergehenden Versuche erwähnet habe, nochmals anführen, um deutlicher zu zeigen, in welcher Rücksicht diejenigen der Unruhe damit übereinstimmen, oder davon abweichen.

Erste Eigenschaft eines Pendels.

406. Daß, wenn es einmal in Bewegung gesetzt worden, es fortfährt zu vibriren, wenn keine äußere Ursache seine Bewegung aufzuheben strebt.

Der Fall ist bei der Unruhe gleich, denn die Feder beim Aufwinden wird der Unruhe eben so viel Bewegung mittheilen, als sie vermöge ihrer lebendigen Kraft im Stande ist, die Feder eben so viel in entgegengesetzter Richtung zu biegen; sie

wird

wird daher ohne Verminderung vibriren u. s. f.

Zweite Eigenschaft des Pendels.

407. Alle seine gleichen Vibrationen geschehen in gleichen Zeiten.

Das nämliche wird bei der Unruhe und Spiralfeder geschehen, weil die bewegende Kraft und der beschriebene Raum unabänderlich einerlei bleiben (406).

Dritte Eigenschaft des Pendels.

408. Sein Moment (in kreisförmigen Vibrationen) ist wie der Quersinus seines Winkels der Vibration in seine Menge an Materie: allein er wächst etwas schneller gegen das Ende der cykloidischen Vibrationen, in denen die Aeußerung der Schwere auf das Pendel beständig wie ihr Abstand von dem Punkte der Ruhe ist. (S. *J. Newtons* Princ. prop. 53.)

In den Vibrationen der Unruhe ist die Aeußerung der Spiralfeder gleichfalls beständig wie der Abstand der Unruhe von ihrem Ruhepunkte (S. Dr. *Hook's* Theory of Springs); ihre Vibrationen haben daher natürlicherweise die Eigenschaften des cykloidischen Pendels, welches in einem Medium von unveränderlicher Dichtigkeit oscillirt [denn solche Veränderungen, die sich in der Dichtigkeit der Luft ereignen, ändern die bewegende Kraft der Unruhe nicht, wie es beim Pendel der Fall ist (379)]; und ihre Momente und Geschwindigkeiten unter verschiedenen Entfernungen von dem Ruhepunkte u. s. f. müssen auf gleiche Art geschätzt werden.

Vierte Eigenschaft des Pendels.

409. Diejenigen von gleicher Länge, obschon von ungleicher Schwere, werden unter gleichen Umständen ihre Vibrationen in gleichen Zeiten machen.

Gleichergestalt werden alle Unruhen, in denen die eigene Kraft und Stärke der Feder einerlei Verhältniß haben, ihre Vibrationen in gleichen Zeiten vollenden.

Fünfte Eigenschaft des Pendels.

410. Sie verändern ihre Zeiten der Vibration unter verschiedenen Breiten, weil Schwere ohne die angeborne Kraft verändert wird. (In dem Pendel ist Schwere die bewegende Kraft, und bei der Unruhe die Spiralfeder: die angeborne Kraft ist der Widerstand bei beiden, und umgekehrt: wenn daher die bewegende Kraft in jedem wie der Widerstand ist, so müssen die Geschwindigkeiten und Zeiten gleich sein. Daher geschieht es auch, daß unter gleichen Umständen die Unruhe die Zeit unter allen Breiten mißt.)

Eine Unruhe wird gleichfalls ihre Zeiten der Vibration verändern, wenn die Stärke der Spiralfeder verändert wird, ohne ihre Schwere oder Gestalt zu ändern. (Hier wird unter Aenderung der Schwere eigentlich die Veränderung der Kraft der Trägheit verstanden; denn die Vibrationen einer Unruhe, deren Mittelpunkt die Schwere mit ihrem Mittelpunkte der Bewegung zusammenfällt, hängen keineswegs von der Schwere ab, außerdem würde sie ihre Zeiträume unter verschiedenen Breiten eben so wie das Pendel verändern.).

411. In dem vibrirenden Pendel wirkt die Schwere vermittelst der angebornen Kraft

sich selbst entgegen: eben so auch die Spiralfeder bei jeder Vibration, vermöge der angebornen Kraft der Unruhe; wir erhalten also durch Veränderung der Wirkung in Ursache bei jeder Vibration in dem vibrirenden Pendel, und in der Unruhe und Spiralfeder das vollkommenste Gleichgewicht der Wirkung und Gegenwirkung, das die Natur geben kann: was kann wohl gleichmäßiger sein als irgend eine Kraft zu sich selbst? (Zufolge dieser Ursache werden denn das vibrirende Pendel und die Unruhe und Spiralfeder jederzeit die Zeit besser abmessen, als solche, welche ganze Revolutionen machen, und wo die Centrifugalkraft die Geschwindigkeit berichtiget: denn in diesem Falle wird irgend eine Veränderung in der bewegenden Kraft eine neue Berichtigung dieser zwei Kräfte nöthig machen, welches nicht Statt finden kann, als bis die Veränderung einer solchen Geschwindigkeit eine solche Veränderung in der Centrifugalkraft bewirkt, als einen geringen Grad von Anreibung überwältigen kann: die bewegende Kraft kann also eine beträchtliche Zeitlang entweder zu groß oder zu klein für den Widerstand bleiben, um die Revolutionen isochronisch zu machen; hier kann denn der geringste Fehler durch beständige Anhäufung groß werden (248): dahingegen bei dem gewöhnlichen Pendel eine neue Berichtigung der bewegenden Kraft und des Widerstandes in dem Punkte der Ruhe jeder Vibration Statt findet, wo die Wirkung jederzeit in die Ursache verändert wird.)

412. Auf diese Art finden wir denn, daß die Unruhe und die Spiralfeder vollkommen alle jene Eigenschaften des Pendels besitzen, wovon der Isochronismus der Vibration abhängt, indem die angeborne Kraft in beiden die nämliche Wirkung äußert, und die Spiralfeder diejenige

Wir-

Wirkung in der Unruhe äußert, als die Schwere auf das Pendel. Daher

413. Ist alles, was in dem vorigen Versuche in Rücksicht der Länge der Vibrationen (41, 47), Schwere des Pendels (79, 80), Größe de unterhaltenden Kraft (161, 162), Einfluß des Oels (163, 164), und Bauart der Lappen (189, 239, 263) erwähnet worden ist, auf Taschenuhren eben so anwendbar als auf Wanduhren, und darf daher hier nicht wiederholt werden, wenn man nur jederzeit darauf Rücksicht nimmt, daß das, was bei den einen von der Art oder Größe der Wirkung der Schwere auf das Pendel gesagt worden, bei den andern von der Kraft der Spiralfeder zu verstehen ist. Allein da die verschiedenen Gegenstände, worin Taschenuhren von Wanduhren verschieden sind (386), einige Bemerkungen bei der Verbesserung der erstern erfordern, als in Rücksicht der letztern ganz unnöthig war, so will ich mich jetzt bemühen zu zeigen, in welchen Fällen diejenigen beigängigen Verbesserungen mit den bereits angeführten mitwirken, oder entgegen sind.

414. Es ist bereits bemerkt worden (403), daß die unterhaltende Kraft niemals so gleichförmig bei Taschenuhren gemacht werden kann, als es bei Wanduhren der Fall ist; allein den natürlichen Isochronismus der Unruhe (408) angenommen, können doch die Lappen so eingerichtet werden, daß sie die Wirkung jeder Veränderung der unterhaltenden Kraft verbessern, indem die eine Hälfte der Zeit der Vibration eben so viel verlängert, als die andre verkürzt wird; welches die nämliche Wirkung auf das Maß der Zeit haben wird, da hierdurch die unterhaltende Kraft vollkommen gleichförmig gemacht wird.

415. Allein wir wollen jetzt untersuchen, ob es irgend

irgend wahrscheinliche Ursachen giebt, warum die Unruhe in der Praxis nicht die nämlichen Vortheile leisten kann wie in der Theorie.

416. In der Theorie von der Unruhe (408) wurde die Wirkung der Feder als eine angeborne Eigenschaft der Unruhe betrachtet, deren Aeußerung in jedem Theile der Vibration wie der Abstand der Unruhe von ihrem natürlichen Punkte der Ruhe war: allein man nahm keineswegs Rücksicht auf die Wirkungen, welche von der angebornen Kraft, oder von der Gestalt einer Feder entspringen dürften, die in spiralförmiger Richtung wirkte.

417. Wenn alle Materie der Spiralfeder in einem Kreise, koncentrisch mit der Unruhe versammelt wäre, so würde ihre angeborne Kraft eine ähnliche Wirkung mit derjenigen der Unruhe haben, und würde die Wirkung in der einen Hälfte der Vibration um eben so viel zu befördern suchen, als sie ihr in der andern entgegen wirkt, und es würde folglich kein Theil der Kraft der Feder hierdurch verloren gehen, oder vernichtet werden. Allein wegen der spiralförmigen Gestalt der Unruhfeder hat die angeborne Kraft aller ihrer Theile ein entgegengesetztes Bestreben, so daß die Wirkungen unter einander vernichtet werden, und sie folglich das Aufwinden nicht so viel befördern kann, als sie das Abwinden verzögert; es geht also ein Theil der Aeußerung der Feder bei jeder Vibration verloren, wodurch die Zeiten verlängert werden müssen. Allein

418. Der verlorne Theil der Kraft der Feder ist unter gleichen Umständen wie die mittlere Bewegung aller Theilchen der Feder zusammen: daher muß sie denn mit dem Winkel der Vibration wachsen, und diese Verlängerung der Zeiträume, die dadurch erfolgen, muß bei längern Vibrationen größer sein, als bei kürzern; dieß, glaube ich, ist der Fall bei freien

Un-

Unruhen mit Federn von gleicher Stärke. Allein

419. Wenn die Feder gegen ihr inneres Ende zu schwächer gemacht wird, so wird die mittlere Bewegung ihrer Theile in einem geringern Verhältnisse zu dem Winkel der Vibration stehen; und folglich werden die längern und kürzern Vibrationen hierdurch mehr isochronisch gemacht werden; eben dieß ist auch der Fall mit allen übrigen Mitteln, wodurch die mittlere Bewegung der Spiralfeder vermindert werden kann (418). Allein

420. Da die Feder einen Grad von Bewegung bei irgend einer Vibration haben muß, so kann obige Bemerkung allein die Vibrationen niemals vollkommen isochronisch machen (418).

421. Allein die längern Vibrationen werden in Verhältniß zu den kürzern mit sich verlaufenden Federn schneller wegen ihrer Art der Wirkung sowohl als der Verminderung der Kraft der Trägheit gemacht. Wenn also

422. Irgend eine Kraft bei einer Unruhe angewendet wird, welche sucht ihre Feder zu biegen, so wird der schwächste Theil davon am früheſten gebogen; eine sich verlaufende Feder wird daher anfangen, sich an ihrem innern Ende zu biegen, und da der Widerstand ihrer schwächern Theile wächst (408), so werden die stärkern gebogen, wodurch die Aeußerung einer spiralförmig zu sich verlaufenden Feder beim Biegen wenigstens in einem gewissen Grade von ihrem schwächsten Ende bis zu ihrem stärksten progressiv ist, und beim Aufbiegen das Gegentheil.

423. Man sieht leicht, daß die Aeußerung einer sich zu verlaufenden Spiralfeder von derjenigen einer geraden Feder von gleicher Länge und Verschwächung verschieden ist, wo die Kraft unter rechten Winkeln gegen die Feder ange=

angebracht ist. (Die Aeußerung irgend einer Kraft, die am innern Ende einer sich zu verlaufenden Spiralfeder gegen irgend einen Theil einer solchen Feder angebracht wird, kann durch zwei Linien vorgestellt werden, die bei einem solchen Theile der Feder sich treffen, eine unter rechten Winkeln, die andre, welche sie berührt. Man sieht hieraus, daß ein solcher Theil, welcher durch die anstoßende Linie vorgestellt wird, keine Wirkung auf das Biegen dieses Theils der Feder haben kann, sondern gleich einer Schnur zum Biegen irgend eines andern Theils derselben unter dem Abstande des vierten Theils eines Umgangs von diesem Punkte wirkt. Solchergestalt kann denn ein schwächerer Theil einer Spiralfeder einen stärkern biegen, ohne selbst so viel gebogen zu werden, als wenn die Feder gerade wäre: diese beschleunigende Wirkung einer sich verlaufenden Feder wird mit der Größe des Putzen wachsen, woran sie befestiget ist.)

424. Allein die Aeußerung einer Spiralfeder wächst unter gleichen Umständen mit ihrer Stärke; die Aeußerung einer sich verlaufenden Spiralfeder wird daher (422) nach Verhältniß zu den Räumen mehr wachsen, wornach sie gebogen wird, als diejenige einer Feder von gleicher Stärke.

425. Daher werden die längern Vibrationen einer Unruhe in Verhältniß zu den kürzern mit zu verlaufenden Spiralfedern schneller sein, als diejenigen von gleicher Stärke:

426. Es muß also einen gewissen Grad des Verlaufens der Spiralfeder geben, der die Vibrationen eben so isochronisch macht, als wenn die Feder von gleicher Stärke, und ihrer Kraft der Trägheit beraubt wäre (417). Dieß bin ich geneigt aus Beobachtung sowohl als vermöge der Theorie zu glauben; und daß man überdieß durch das Verlaufen der Spiralfedern über einen gehörigen Grad die längern

längern Vibrationen der freien Unruhe geschwinder machen könne als die kürzern.

427. Und ob es schon unmöglich sein dürfte, durch Rechnung die genaue Gestalt zu bestimmen, welche die erwähnte Eigenschaft gestatten kann, so kann es doch nicht so schwer sein, verschiedene zu bearbeiten, welche diese Eigenschaft besitzen, nachdem eine solche Gestalt einmal gefunden worden: so wie denn durch Versuche bestimmt werden kannn, ob eine solche Eigenschaft hinreichend vollkommen ist, ehe sie noch an eine Taschenuhr angewendet worden.

428. Eben so dürfte man auch finden, daß selbst in der Praxis alle Eigenschaften der cykloidischen Vibrationen des Pendels in einem Medium von gleichförmiger Dichtigkeit der Unruhe und Spiralfeder gegeben werden können.

429. Es kann daher die große Verschiedenheit in dem Gange der Wand- und Taschenuhren nicht daher kommen, daß erstere durch ein Pendel, und letztere durch Unruhe und Spiralfeder regulirt werden: wir wollen daher den dritten Gegenstand näher untersuchen, worin Taschenuhren von Wanduhren abweichen.

Wanduhren können ihre Vibrationen nicht von selbst anfangen, wie es bei Taschenuhren der Fall ist.

430. Wenn die Wirkung des Steigerads größer wäre, als diejenige der Schwere auf ein Uhrpendel, so würde eine solche Uhr ihre Vibrationen von selbst anfangen: da dieß nun aber bei Wanduhren nicht geschieht, so können wir richtig folgern, daß bei allen diesen die Wirkung der Schwere mehr Einfluß auf das Pendel hat, als die Wirkung der Räder.

431. Alle

431. Alle Taschenuhren fangen ihre Vibrationen von selbst an, weil die Wirkung der Räder derjenigen der Spiralfeder auf die Unruhe gleich ist, wenn das Rad von den Lappen (486) abfällt. Taschenuhren sind daher in dieser Rücksicht gleich Wanduhren mit solchen leichten Pendeln, die ihre Vibrationen von selbst anfangen (413).

432. Man bearbeite eine solche Wanduhr mit einer unterhaltenden Kraft gleich derjenigen bei Taschenuhren, wo denn ihr Gang beweisen wird, daß kein geringer Theil der Unvollkommenheiten der Taschenuhren von den zu geringen unterhaltenden Kräften (164) herkommt, und von dem noch geringern Verhältnisse, daß das Moment der Unruhe zu ihnen hat (80, 81, 413, 487).

433. Man ist allgemein einverstanden, daß das leichteste Pendel alle natürliche Eigenschaften des schwersten hat: wird aber wohl einer behaupten, daß eins von einer Unze schwer unter gleichen Umständen die nämliche Wirkung haben werde, die Unregelmäßigkeiten der unterhaltenden Kraft zu verbessern, als eins von vielen Pfunden: und ist nicht der Fall bei einer Unruhe und Feder genau ähnlich (413)? (Ich werde in der Folge die Verbesserungen anführen, welche noch gemacht werden müssen, ehe das Moment der Unruhe bei Taschenuhren mit einer Unruhe noch weiter vermehrt werden kann, als durch Verstärkung der unterhaltenden Kraft und des Winkels der Vibration, und Verminderung des Winkels der Hemmung.)

434. In der Folge werde ich Gelegenheit haben, die verschiedenen Mittel zu Vermehrung des Moments der Unruhe zu untersuchen, wo man finden wird, daß in jedem Falle der Vortheil mit der Stärke der Spiralfeder wächst, obschon nicht in allen Fällen gleichmäßig. (Da alles das, was in Rücksicht der Kraft der Spiralfeder gesagt worden ist, auf die

Kraft der Schwere auf das Pendel (413) anwendbar ist, so folgt, daß, je mehr der Bogen der Vibration eines Pendels sich einer geraden Linie nähert, d. i. je kürzer der Bogen ist, Taf. XII. Fig. 2. desto schlechter der Gang sei.

435. Nachdem ich nun solchergestalt eine der größten Ursachen des Fehlers in dem Gange der Taschenuhren angezeigt habe, so gehe ich nunmehr zum vierten Gegenstande über, worin sie von den Wanduhren verschieden sind.

Wanduhren sind größer als Taschenuhren.

436. Auch hier haben Wanduhren den Vorzug vor tragbaren Maschinen, wo die Größe sehr begränzt ist, indem sie stärkere unterhaltende Kräfte, und ein größeres Moment in dem Pendel gestatten.

437. Aus eben dem Grunde wird eine größere Taschenuhr besser gehen, als eine kleinere: denn obschon die unterhaltende Kraft in einerlei Verhältnisse zu der Schwere der Unruhe in beiden stehen kann, so wird doch der Einfluß des Oels jederzeit das größte Verhältniß zu der kleinsten unterhaltenden Kraft (161 bis 164) haben: es ist daher die größte Sorgfalt erforderlich, bei allen Taschenuhren eine so große unterhaltende Kraft zu haben, als die Umstände es gestatten, welche folglich das Moment der Unruhe vermehrt, wodurch ein doppelter Vortheil erhalten wird (162, 490).

438. Was die Räder anbetrifft, so müssen sie, da sie bloß dienen, um die Kraft der Hauptfeder auf die Unruhe überzutragen, und ihre Vibrationen zu zählen, nicht größer oder schwerer gemacht werden, als schlechterdings erforderlich ist, ihre respektiven Dienste mit Sicherheit

zu leisten; der nachdenkende Künstler muß daher die Stärke eines jeden Rads und die verschiedenen Theile nach dem Drucke verhältnißmäßig machen, den sie auszustehen haben.

439. Einige sind geneigt zu glauben, daß ein großer Vortheil erhalten werde, wenn man große Räder macht, weil sie mit größerer Genauigkeit bearbeitet werden können; allein wenn man die Theorie des Räderwerks und das gehörige Verfahren der Bearbeitung vollkommen kennt, so wird dieser eingebildete Vortheil bald verschwinden.

440. Diese mindern Vortheile großer schwerer Räder sind um so wichtiger, weil schwere Räder stärkere Zapfen erfordern, welches den Einfluß des Oels nach Verhältniß der Größe der Zapfen vermehrt, und so die Anreibung in Verhältniß zur Größe der Zapfen und Schwere der Räder mit einander verbunden, wodurch denn die unterhaltende Kraft geschwächt wird; eben dieß ist auch der Fall in Rücksicht der Kraft der Trägheit der Räder, welche sich so wie ihre Schwere vermehrt, und bei jeder Vibration der Unruhe überwältiget werden muß.

441. Ueberhaupt sieht man, daß, je mehr Taschenuhren sich den Wanduhren in Rücksicht der unterhaltenden Kraft und des Moments der Unruhe nähern, um desto mehr ihr Gang verbessert wird (413): und daß, obschon eine Vermehrung der äußerlichen Größe erforderlich ist, um diese Vortheile zu gewinnen, es doch nicht immer ein sichres Merkmal ist, sie erlangt zu haben. — Ich komme nunmehr zu dem fünften Gegenstande, worin Taschenuhren von Wanduhren verschieden sind.

Wanduhren stehen an ihrem Orte fest, Taschenuhren hingegen sind tragbar.

442. Da der obige Unterschied Fehler bei Taschenuhren bewirkt, denen Wanduhren nur in einem sehr geringen Grade unterworfen sind, so will ich mich jetzt bemühen zu zeigen, auf welche Art irgend eine äußerliche Bewegung einer Taschenuhr auf die Zeiten ihrer Vibration Einfluß hat; welche Art der Bewegung den größten Einfluß äußert, und durch welche Mittel dieser Einfluß vermieden, oder verbessert werden kann.

443. Taf. XII. Fig. 1. stellt eine Maschine vor, welche die Absicht hat, diese Theorie durch Versuche zu erläutern.

A B C D ist ein viereckiges Bret oder Rahmen, worauf ein Ring sich bewegt, durch welchen die Unruhe geht.

E F G ist eine runde Platte von Metall, woran das eine Ende der Spiralfeder befestiget ist, deren andres Ende in einem schwachen Putzen nahe am Mittelpunkte der Unruhe N O auf eben die Art gehalten wird, wie man die Spiralfeder bei Taschenuhren anbringt.

L M ist ein eingetheilter Bogen, welcher auf der Scheibe E F G befestiget ist, und dazu dient, um die relative Bewegung der Unruhe dagegen zu zeigen, und vermittelst eines Merkmals auf die Unruhe (wenn sie in Ruhe ist) der Mitte des Bogens gegenüber erhalten wird; so wie nun dieses Merkmal sich von der Mitte des Bogens entfernt, oder sich nähert, sagt man daher, daß die Unruhe von dem Punkte der Ruhe zurückweiche oder sich demselben nähere.

I K ist ein Bogen auf der Scheibe A B C D mit Löchern, welche den Theilungen von L M entsprechen; vermittelst eines schwachen Stifts, welcher gelegentlich in eines dieser Löcher gelegt wird, kann die Scheibe

EFG, wenn sie von dem Sperrkegel H frei gemacht worden, auf irgend eine Anzahl von Räumen, und mit verschiedenen Geschwindigkeiten vermöge der Wirkung eines Gewichts bewegt werden, welches an das Ende einer schwachen biegsamen Schnur gehangen wird, und um die Scheibe EFG, und sodann über die Rolle bei B geht.

444. Wenn nun die Scheibe EFG das Gestelle einer Taschenuhr, und NO die Unruhe vorstellt, und erstere um irgend eine Anzahl von Räumen auf dem Bogen IK bewegt wird; so wird der Einfluß einer solchen Bewegung auf die Unruhe mit Spiralfedern von verschiedener Stärke, Unruhen von verschiedener Schwere, und Bewegungen von verschiedenen Winkeln und Geschwindigkeiten auf dem Bogen LM gegeben werden; denn es hindert nicht, ob die Unruhe einer Taschenuhr eine gewisse Anzahl von Graden auf dem Gehäuse beschreibt, oder ob das Gehäuse sich bewegt, und die Unruhe in Ruhe bleibt, denn in jedem Falle ist ihre relative Bewegung die nämliche, und wird gestatten, daß ein Zahn des Rades, welcher auf die Unruhe wirkt, bei jeder relativen Vibration abfällt, so wie denn die Zeit, welche von einer Taschenuhr gezeigt wird, von der Anzahl dieser Zähne abhängt, die von den Lappen abfallen, es geschehe nun von der absoluten, oder relativen Bewegung der Unruhe.

445. Ich will hier einige von den vielen Versuchen anführen, die mit dieser Maschine angestellt werden könen, um den Einfluß der äußerlichen Bewegung zu erläutern.

Versuch.

446. Man nehme die Spiralfeder von der Unruhe, und bewege den Zeiger F auf irgend eine Anzahl der Theilungen auf dem Bogen IK; so wird die Unruhe ihre Lage vermittelst ihrer Kraft der Trägheit wie-

wieder erhalten, und auf diese Art so viele Räume auf dem Bogen LM beschreiben, als der Zeiger F auf dem Bogen IK. (Man muß hier annehmen, daß die Bewegung nicht sehr langsam sei, denn in diesem Falle dürfte die Anreibung auf die Zapfen verursachen, daß die Unruhe sich mit dem Bogen bewegte, und ihre relative Lage behielte.)

Anwendung.

447. Dieser Versuch zeigt, daß irgend eine äußere Bewegung einer Taschenuhr unter gleichen Umständen den größten möglichen Einfluß auf ihren Gang haben werde, wenn keine Spiralfeder mit ihrer Unruhe (444) verbunden ist; denn bei diesem Versuche ist der Einfluß der äußerlichen Bewegung, welcher auf dem Bogen LM sich zeigt, gleich der äußern Bewegung auf dem Bogen IK.

Versuch.

448. Es werde der Punkt N der Unruhe auf die Mitte des Bogens gebracht, und die ganze Maschine werde in gerader Linie unter irgend einer Geschwindigkeit, oder in irgend einer Richtung bewegt, so wird die relative Lage der Unruhe und des Gehäuses vermöge einer solchen Bewegung auf keine Art verändert werden.

Anwendung.

449. Dieser Versuch zeigt, daß geradlinichte Bewegungen keinen Einfluß auf die Zeiten der Vibration (442) haben: allein man muß hier verstehen, daß jeder Punkt der Maschine sowohl als ihr Mittelpunkt der Schwere eine gerade Linie beschreibt; denn nur in einem solchen Falle wird die Maschine parallel mit ihrer

ersten

ersten Lage bleiben, wovon allein die Eigenschaft abhängt. (Obschon die geradlinichte Bewegung keineswegs für sich selbst Einfluß auf die Zeiten der Vibration hat: so kann sie doch durch Vermehrung der Anreibung auf die Zapfen der Unruhe die Länge der Vibration verändern, und auf diese Art die Wirkung irgend einer Unvollkommenheit der Spiralfeder und Lappen erzeugen; allein bei Taschenuhren, wo diese in gehöriger Vollkommenheit sind, wird eine solche Anreibung die Zeiten nicht ändern.)

Versuch.

450. Es werde ein langer Stab von Holz unter rechten Winkeln mit einer Achse befestiget, um welche er sich auf Zapfen bewege; wird nun obige Maschine mit dem Stabe in irgend einer Entfernung von der Achse auf solche Art verbunden, daß die Fläche der Unruhe mit der Achse des Stabs parallel ist, so wird die relative Lage der Unruhe mit ihrem Gehäuse von keiner Bewegung des Stabes um seine Achse verändert werden, wie auch übrigens der Winkel oder die Geschwindigkeit einer solchen Bewegung, oder der Abstand der Maschine von der Achse beschaffen sei.

Anwendung.

451. Dieser Versuch zeigt, daß keine krummlinichten Bewegungen, die nicht in einem gewissen Grade gegen die Richtung der Vibrationen der Unruhe geneigt sind, auf die Zeiten der Vibration Einfluß haben. (Eine Taschenuhr auf dem Schiffe erleidet daher keinen Einfluß auf die Zeiten der Vibrationen durch irgend eine Bewegung, deren Achse mit der Fläche der Unruhe parallel ist. Die beste Lage für eine Taschenuhr am Bord eines Schiffs ist daher, daß die Fläche

ihrer Unruhe beinahe parallel mit dem Verdecke ist, wofern nicht etwa ein innerlicher Fehler, welcher von der Bearbeitung entsteht, den Gang in dieser Lage unvollkommner macht als in andern. Auch muß ich hier bemerken, daß der beste Ort auf einem Schiffe zu Aufstellung einer Taschenuhr nahe bei seinem Mittelpunkte der Schwere ist, denn hier ist die Erschütterung und Schwankung am geringsten. Man könnte hier fragen, nach welchen innern Fehlern eine Taschenuhr die Zeit verschiedentlich mißt, so wie sie verschiedenen Lagen ausgesetzt wird. Da aber eine solche Untersuchung nicht zur allgemeinen Theorie eines Uhrwerks gehört, indem der Fehler allein von der Unvollkommenheit in der Bearbeitung herrührt, so will ich hier bloß bemerken, daß, wenn eine Taschenuhr nach sechs Lagen, jede unter rechten Winkeln zu einander, eingerichtet ist, sie in allen übrigen Lagen gleiche Zeit messen wird, in die sie etwa versetzt werden dürfte, da sie sämmtlich aus erstern zusammen gesetzt sind.)

Versuch.

452. Man wiederhole den vorhergehenden Versuch mit der Achse der Unruhe parallel zu derjenigen des Stabs, so wird die relative Bewegung der Unruhe auf ihrem Bogen jederzeit wie der von dem Stabe beschriebene Winkel sein, ohne Rücksicht auf den Ort der Maschine, es sei nun in der Mitte, am Ende, oder an irgend einem Theile des Stabs dazwischen.

Anwendung.

453. Dieser Versuch zeigt, daß der Einfluß irgend einer krummlinichten Bewegung, selbst in der Richtung der Vibrationen einer Unruhe unter gleichen Umständen bloß in Verhältniß zu dem Winkel Statt

findet, den sie die Unruhe um ihre eigene Achse beschreiben läßt (446), und welcher jederzeit dem von dem Stabe Taf. XII. Fig. 3. bewegten Winkel gleich ist, ohne Rücksicht auf den Abstand der Maschine von der Achse, oder dem Mittelpunkte der Bewegung zu nehmen: wir sehen also, warum die Vibrationen einer Unruhe in der Tasche oder in einem Wagen mehr gestört werden, als am Bord eines Schiffs.

454. Das Resultat des vierten Versuchs kann auch solchergestalt angegeben werden: Der Einfluß von irgend einer äußerlichen Bewegung auf die Zeiten der Vibration einer Unruhe ist unter gleichen Umständen wie die Abweichung, welche eine solche Bewegung in dem Parallelismus der Maschine von ihrer ersten Lage verursacht, welche nach dem 29sten Satze des 1. Buchs des Euklid jederzeit dem von dem Stabe beschriebenen Winkel gleich ist. Taf. XII. Fig. 3.

455. Folgende Versuche haben insgesammt zur Absicht zu beweisen, daß der Einfluß der äußerlichen Bewegung in allen Fällen durch die Anwendung einer Spiralfeder nach Verhältniß der Stärke der Feder vermindert wird, wenn die Unruhe die nämliche bleibt.

Versuch.

456. Man gebe der Unruhe eine Feder, wie sie Fig. 1. vorgestellt worden, und bewege den Zeiger F auf irgend eine Anzahl von Theilungen auf dem Bogen wie bei den vorhergehenden Versuchen; so wird die Bewegung des Punkts N auf dem Bogen LM durch die Kraft der Feder vermindert werden, welche Verminderung doppelt und dreifach u. s. f. sein wird, wenn die Feder unter gleichen Umständen eine doppelte, dreifache u. s. f. Stärke hat.

457. Indessen würde eine Feder von doppelter, drei=

dreifacher u. s. f. Stärke die nämliche Unruhe doppelt, dreifach u. s. f. die Anzahl von Vibrationen in der nämlichen Zeit machen lassen; es wird also der Einfluß (456) der äußerlichen Bewegung auf eine einzelne Vibration einer Unruhe mit der Zeit ihrer Vibration vermindert werden. Daher ist auch

458. In allen Taschenuhren, welche gleichen Zug haben, der Einfluß der äußerlichen Bewegung unter gleichen Umständen einerlei ohne Rücksicht auf die Stärke ihrer relativen Spiralfedern: denn bei jeder muß die Schwere der Unruhe einerlei Verhältniß zur Stärke der Feder (409) haben, und ein Zuwachs bei ersterer vermehrt den Einfluß der äußerlichen Bewegung in dem nämlichen Verhältnisse als ein Zuwachs der letztern ihn vermindert, wie man durch Versuche beweisen kann, wenn man Ringe von verschiedener Schwere an die Unruhe vermittelst der kleinen Löcher bei N und O anbringt, um solchergestalt ihre Schwere bei einerlei Feder doppelt oder dreifach zu machen.

459. Einige von den vorhergehenden Versuchen sind mit Unruhen unternommen worden, welche keine Wirkung von einer Feder oder von Rädern haben, um ihnen Bewegung zu ertheilen (446, 448, 450, 452), alle übrigen aber mit Unruhen in Ruhe (456, 458), wo der äußerliche Einfluß jederzeit Bewegung auf die Unruhe bewirkt, welches bei einer Unruhe nicht der Fall ist, die ihre Vibrationen während des Versuchs macht; denn ihre Bewegung wird vermehrt oder vermindert werden, als sie sich in der nämlichen oder in entgegengesetzter Richtung mit der äußerlichen Bewegung ereignet. Allein

460. Der relative Einfluß auf eine einzelne Vibration wird der nämliche sein, wie bereits angegeben worden, die Unruhe mag nun entweder in Ruhe sein, oder zu Anfange eines jeden Versuchs vibriren: oder

es

es mag die äußerliche Bewegung entgegen sein, oder mit derjenigen der Unruhe zusammentreffen, wie man aus Isaac Newton's zweitem Gesetze der Bewegung sieht. (Daher erleiden auch diejenigen Taschenuhren, deren Unruhen, wenn sie in Ruhe sind, am wenigsten gestört werden, oder ihre Vibrationen durch den Einfluß der äußerlichen Bewegung anfangen, auf ihre Vibrationen den wenigsten Einfluß.)

461. Nachdem ich nun solchergestalt einen Grund (443, 449, 454) sowohl zum Schätzen des Einflusses der äußerlichen Bewegung auf eine einzelne Vibration, als auch zur Verminderung desselben gelegt, so will ich nunmehr die Wirkung davon auf viele untersuchen.

462. Wenn eine Taschenuhr in einem Schiffe so gelegt wird, daß die Welle der Unruhe parallel mit der größten Bewegung des Schiffs liegt, und die Winkelbewegung des Schiffs dem Winkel der Vibration der Unruhe gleich ist, und in einerlei Zeit geschieht; wenn diese zwei gleichen Angularbewegungen einander entgegen geschehen, so wird erstere die letztere (432, 433) aufheben, und die Uhr zur Ruhe kommen. Allein

463. Wenn die Angularbewegung der Unruhe doppelt so groß als diejenige des Schiffs gewesen, so könnte letztere nur die Hälfte der erstern aufgehoben haben (453). Es wird daher

464. Der Einfluß der äußerlichen Bewegung unter gleichen Umständen in dem umgekehrten Verhältnisse des Winkels der Vibration der Unruhe zu der Angularbewegung des Schiffs sein (462). Allein der Winkel der Vibration wächst mit der unterhaltenden Kraft; der Einfluß der äußern Bewegung wird daher durch Vermehrung der unterhaltenden Kraft (463) vermindert.

465. Wenn

465. Wenn bloß eine Vibration während einer Bewegung des Schiffs geschieht, so wird sie nach dem bereits angeführten Verhältnisse (464) beschleunigt oder verzögert (460): allein geschehen zwei Vibrationen, so wird jede den halben Einfluß erhalten, d. i. die eine wird um so viel beschleuniget werden, als die andre verkürzt wird (460); und es geschehen folglich beide in einerlei Zeit, als ob keine äußere Ursache darauf gewirkt hätte: Es haben also

466. Vibrationen von der halben Dauer einen doppelten Vortheil; denn die nämliche Ursache wird bloß die halbe Wirkung (452) erzeugen, so wie sie auch eine doppelte Veränderung haben, einander zu berichtigen (465): hierzu kommt noch, daß, wenn die ganze Ursache Statt fände, ihre Wirkung durch die größere Stärke der Feder (456) vermindert werden würde. Daher wird

467. Der Einfluß der äußern Bewegung auf den Gang einer Taschenuhr wenigstens in dem umgekehrten duplikaten Verhältnisse ihres Zugs vermindert; oder der Anzahl der Schläge in einer gegebenen Zeit. Wenn daher

468. Zwei Taschenuhren einander in jeder Rücksicht gleich gemacht werden, nur daß die eine fünfmal, die andere aber sechsmal in einer Sekunde vibrirt, so wird der relative Einfluß der äußern Bewegung auf diese Taschenuhren umgekehrt sein, wie die Quadrate ihrer Anzahl von Vibrationen: d. i. auf erstere zur letztern wie 36 zu 25: Daher,

469. Wenn wir annehmen, daß die Winkel der Vibration bei solchen Taschenuhren gleich sind, können wir gegründete Hoffnung haben, den Einfluß der äußern Bewegung auf solche Art (und ohne beigängige Theile) in einem solchen Grade zu vermindern, daß

eine

eine solche Taschenuhr mit einer Unruhe zum Tragen in der Tasche als die beste angesehen werden kann.

470. Dieß verdient um so mehr Aufmerksamkeit, als es das einzige Mittel zu sein scheint, starke Spiralfedern und schwere Unruhen bei Taschenuhren anzuwenden; denn wofern nicht die Abwechselungen des Stillestehens in der Tasche ungleich mehr vermindert werden, als gegenwärtig, wir in der Praxis fortfahren müssen, die Kraft der Räder beinahe gleich derjenigen der Spiralfeder auf die Unruhe zu Anfange ihrer Vibrationen zu machen: die Mißfälle davon, so wie die Vortheile, welche durch eine entgegengesetzte Praxis (468, 469) erhalten werden können, werden besonders deutlich werden, wenn man sich dessen erinnert, was bereits im erstern Versuche von 70 bis 79 erwähnet worden ist, welches hier gleichfalls anwendbar ist (413). (Man sieht also, warum die Spiralfeder bei allen Taschenuhren beinahe von einerlei Stärke mit der Wirkung der Räder gemacht wird; denn wenn eine Taschenuhr, welche eine starke Feder und schwere Unruhe hat, in der Tasche von irgend einem plötzlichen Stoße stehen bleibt, so muß sie so lange stehen bleiben, bis sie von ihrem Besitzer, oder von irgend einer gleich heftigen Bewegung wieder fortgestoßen wird.)

471. Unstreitig wird man hier bemerken, daß jede Vibration ihre Anreibung u. s. f. hat, und daß folglich durch Vermehrung der Anzahl der Vibrationen in einer gegebenen Zeit die Anreibung und der Einfluß des Oels gleichfalls vermehrt werden, so daß der Gang hierdurch leidet, und die Theile sich früher abnutzen. Allein

472. Die Erwähnung des solchergestalt befürchteten Uebels kann uns hier überzeugen, daß es keineswegs der Bemerkung entgangen, daher ich denn auch, ehe ich diesen Versuch schließe, mich bemühen werde

zu

LB Coburg

zu zeigen, daß nicht nur der Gang durch den bereits vorgeschlagenen Grad (468) vermehrt, sondern selbst verdoppelt werden kann, ohne den ganzen Einfluß des Oels oder die Anreibung noch mehr zu vermehren, als gegenwärtig bei den besten horizontalen Taschenuhren mit dem gewöhnlichen Zuge Statt findet, ohne die Verminderung zu erwähnen, die eine gehörige Verstärkung der unterhaltenden Kraft in der Wirkung eines solchen Einflusses des Oels verursachen kann (113, 161 bis 164).

473. Nachdem ich nun solchergestalt die Mittel angegeben habe, die mir die einfachsten und vortheilhaftesten zu sein scheinen, um den Einfluß der äußern Bewegung bei allen tragbaren Maschinen zu vermindern, deßgleichen wodurch er in Taschenuhren mit einer Unruhe zu einem solchen Grade vermindert werden kann, um eine allgemeine Berichtigung des Grundsatzes (470) anzunehmen, so will ich nunmehr noch der Mittel erwähnen, die bisher zu dieser Absicht angewendet worden sind, um nicht beschuldiget zu werden, daß ich ihrer aus Neid nicht erwähnet habe.

474. Dr. Hook wandte ungefähr ums Jahr 1658 bei Taschenuhren zwei gleiche Unruhen an, die solchergestalt mit einander verbunden waren, daß sie gleiche Winkel vibriren mußten, nur unter entgegengesetzten Richtungen; auf diese Art mußte denn die eine jederzeit um eben so viel beschleuniget werden, als die andre vermöge des Einflusses der äußern Bewegung verkürzt wurde, so daß ihre mittlere Bewegung niemals durch irgend einen äußern Einfluß verändert werden konnte.

475. Wenn der Versuch (446) mit der Taf. XIII. Fig. 1. vorgestellten Maschine unternommen wird, so wird jede Unruhe einerlei relative Bewegung mit dem Gestelle haben, und diejenigen Theile ihres Um=

Umkreises, welche einander am nächsten sind, werden gleiche relative Geschwindigkeiten in entgegengesetzten Richtungen (wie durch die angegebenen Pfeile vorgestellt worden) erhalten, indem die Unruhen gleichfalls als gleich vorausgesetzt werden: wenn daher ihre Umkreise auf irgend eine Art mit einander verbunden sind, so werden diese gleichen und entgegengesetzten Bewegungen der Unruhen einander berichtigen. (Ich habe eine Taschenuhr gesehen, welche im Jahr 1715 in der Absicht gemacht worden war, um die Länge zu entdecken, wie man aus der Inschrift sieht, welche darauf gestochen ist, und die außer verschiedenen mühsamen daran angebrachten Einrichtungen zwei Unruhen hatte; jede derselben hatte an ihrer Welle ein Trieb, und beide wurden durch das nämliche Rad in Bewegung gesetzt, an dessen Welle die Hemmung war, wie man Taf. XIII. Fig. 3. sieht: auf diese Art mußten sich folglich beide Unruhen in einerlei Richtung bewegen, und (475) dem Einflusse der äußern Bewegung wie bei einer einzelnen Unruhe ausgesetzt sein. Dieß ist ein Beweis, wie allgemeine Regeln, und selbst die besten Grundsätze übel angewendet werden können, wenn das, worauf es ankommt, nicht gehörig eingesehen wird.)

476. Die obige in der That sehr sinnreiche Einrichtung beweist, daß ihr Erfinder vollkommen mit den Gesetzen der Bewegung, und zugleich in der Anwendung derselben bekannt war: indessen läßt die Praxis hier die Theorie hinter sich; denn wenn die Unruhen vermittelst Zahnung mit einander verbunden werden, so entsteht ein Widerstand, welcher, so geringe er auch ist, und besonders bei diesem so äußerst feinen Theile Statt hat, das Moment der Unruhen zu vermindern sucht; findet nun die kleinste Unregelmäßigkeit der Wirkung nahe am Ende oder Vertex der Vibration Statt, so muß

noth-

nothwendig ein schädliche Wirkung erfolgen. Indessen,

477. Um obige Unbequemlichkeiten zu vermindern, wurden die Unruhen vermittelst zwei kleiner Räder an den Wellen der Unruhen mit einander verbunden, wie Fig. 2. vorgestellt worden; allein ob man schon verschiedene sinnreiche Mittel angewendet hat, um den Unregelmäßigkeiten der Wirkung bei solchen Rädern auszuweichen, so muß ich sie hier doch übergehen, da sie gleichfalls mit Unbequemlichkeiten vergesellschaftet waren, und in jeder Rücksicht die allgemeine Anwendung nicht gestatteten. (Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieses Verfahren und diese Art mit noch fernern Vervollkommnungen bei Taschenuhren doch mit großen Vortheilen angewendet werden dürfte, weil in diesem Falle die Schwere der Unruhen und die Stärke ihrer Federn willkührlich vermehrt werden kann. Allein es scheint nicht, daß das sehr starke Vermindern der Größe derjenigen Räder, welche die Unruhen mit einder verbinden, vortheilhaft sei, weil auf diese Art jeder Zahn den größern Winkel am Mittelpunkte der Unruhe überspannen, und folglich dem (476) erwähnten Fehler ausgesetzt werden muß.)

478. Herr Huyghens hat bei seinen bereits erwähnten (216) Seeuhren sich eines verschiedenen Verfahrens bedient, um den Einfluß der äußern Bewegung wegzubringen, indem er den Parallelismus der Lage (454) zu erhalten bemüht gewesen: allein obschon dieses, wenn es vollkommen erhalten werden dürfte, die verlangte Wirkung auf die Vibrationen einer Unruhe erzeugt, wo die Mittelpunkte der Schwere und der Bewegung zusammenfallen, so würde es doch auf keine Art die nämliche Wirkung auf die Vibrationen eines Pendels (wo es nicht der Fall ist) haben; niemals kann aber das Pendel bei irgend einer tragbaren Ma-

Maschine, selbst zur See, angewendet werden, weil hier Ursachen Statt finden, die zu mannigfaltig sind, um weiter angeführt zu werden, so wie denn auch überhaupt kein wesentlicher Vortheil mir daraus zu erwachsen scheint.

479. Herr John Harrison zu Redlion Square hat bei jeder seiner drei großen Maschinen zu Abmessung der Zeit zur See diese beide Verfahrungsarten, den Einfluß der äußern Bewegung aufzuheben, mit einander vereinigt, und große mechanische Fähigkeiten gezeigt, die Anreibung zu vermindern, und die Mittelpunkte der Schwere, und der allgemeinen Bewegung der ganzen Maschine so einzurichten, daß sie ungleich besser zusammentreffen, als bei Herrn Huyghens Uhren: indessen übergehe ich hier alle Bemerkungen über die Eigenschaften u. s. f. weil man Ursache zu erwarten hat, daß eine vollständige Erklärung aller dieser sinnreichen Einrichtungen bald öffentlich bekannt werden dürfte *).

480. Nachdem ich nun solchergestalt der verschiedenen Verfahrungsarten erwähnet habe, die angewendet werden können, um den Einfluß der äußern Bewegung zu vermindern (468, 474, 478): so will ich nur noch einige Bemerkungen über ihre relativen Vortheile beifügen.

481. Das Verfahren des Herrn Huyghens kann wegen der Beschaffenheit und Größe niemals bei Taschenuhren angewendet werden, daher sich denn die Anwendung davon bloß auf solche Maschinen erstreckt, die am Bord eines Schiffs gebracht werden, so wie denn auch in diesen die Wirkung davon nicht vollkommen sein kann, wofern nicht der Mittelpunkt der Schwere der

*) Die vollständige Beschreibung des Harrisonschen Time-keeper habe ich in meinem Uhrmacher aufgenommen. G.

der ganzen Maschine mit ihrem Mittelpunkte der allgemeinen Bewegung zusammen trifft, und die Anreibung der Aufhängung derselben gänzlich vernichtet wird: in welchem Falle, obschon die ganze Maschine kein Bestreben haben dürfte, zu vibriren, sie doch irgend eine Lage wieder annehmen würde, die sie durch Zufall erhalten hätte: solchergestalt könnte denn ein neuer Fehler in dem Gange entstehen, der von der Maschine herkäme, indem sie in einer ungewöhnlichen Lage ginge (wahrscheinlich die obere Fläche unterhalb); auch kann die Anreibung der Aufhängung nie in einem solchen Grade aufgehoben werden, um diesen Fehler zu vermeiden: wäre dieses, so könnte die Länge ohne irgend ein Maß der Zeit berichtiget werden. Wir wollen daher die Wirkung untersuchen, den Mittelpunkt der Schwere nun so viel tiefer als den gemeinschaftlichen Mittelpunkt der Bewegung zu machen, als die erste Lage der Maschine wieder erhalten würde, wenn sie durch irgend Mittel verloren gegangen. Man sieht wohl, daß auf diese Art der Einfluß von irgend einer Bewegung des Schiffs während der Zeit ihrer Fortdauer vermindert werden würde; allein die Wirkungen solcher Bewegung würden fortgesetzt werden, indeß die Maschine diejenigen Vibrationen behielte, wozu die Bewegung des Schiffs die erste Veranlassung gab (453), so wie denn jede Vibration der Maschine die nämliche Wirkung haben wird, als ob das Schiff unter gleichem Winkel sich bewegt hätte (453), woraus es denn scheinen würde, daß eine Verminderung der Anreibung die Wirkung auf verschiedene Vibrationen fortsetzt, wenn sie dieselbe bei einer vermindert: es bezieht sich daher mehr darauf, den Einfluß der Bewegung des Schiffs unter mehrere Vibrationen zu vertheilen, als sie aufzuheben. (Dieses Verfahren, den Parallelismus der Maschine zu erhalten, kann in einigen Fällen

angewendet werden, um den Fall zu vermeiden, daß gewisse Theile der Maschine sich verziehen, biegen oder brechen dürften, welches aber immer eine sehr große Unvollkommenheit in der Bauart voraussetzt.)

482. Das Verfahren des Dr. Hook mit der doppelten Unruhe würde unstreitig am vorzüglichsten die verlangte Wirkung leisten, wenn die bereits erwähnten Fehler vermieden werden könnten (476), in welchem Falle es denn demjenigen des Herrn Huyghens weit vorzuziehen wäre, denn es würde dadurch der Einfluß jeder äußern Bewegung aufgehoben werden, so daß auf diese Art jeder Vortheil einer schweren Unruhe und starken Feder selbst bei Taschenuhren erhalten werden dürfte.

483. Das vorgeschlagene Verfahren zu Verminderung des Einflusses der äußern Bewegung durch Verstärkung des Zugs (468) ist vollkommen frei von den Fehlern des Dr. Hook (476); wird nun der Einfluß des Oels auf die Zapfen der Unruhe in dem ersten wie die Anzahl der Vibrationen vermehrt, so wird er im letztern verdoppelt, indem die Anzahl der Zapfen doppelt ist: und bedenken wir, daß durch Verkürzung der Zeit der Vibration der Einfluß der äußern Bewegung gleichfalls zurückgesetzt wird (466); daß, wenn die Zeit die nämliche bliebe, der Einfluß wie die Schwere der Unruhe zur Stärke der Feder vermindert werden würde (456); daß, wenn zwei Vibrationen während einer Bewegung des Schiffs geschehen, die eine die andre verbessert (465): und daß daher der Einfluß bloß auf die ungleichen Vibrationen erfolgt, so wie, daß in dem umgekehrten duplikaten Verhältnisse ihrer Zeit zu demjenigen der äußern Bewegung (464, 465), je schneller die Vibrationen geschehen, desto meßbarer die Zeiten zweier Vibrationen zu der Zeit einer Bewegung

des

des Schiffs werden; setzen wir hierzu noch, daß durch solche Verminderung des Einflusses der äußern Bewegung wir gleichfalls das Verhältniß vermindern, welches die unterhaltende Kraft zur ganzen bewegenden Kraft der Unruhe hat, so sehen wir leicht den Grund ein, dieses Verfahren jedem andern, so weit als es die Beschaffenheit der Materialien und des Oels gestattet, vorzuziehen.

484. Nachdem ich mich nun solchergestalt bemühet habe zu zeigen, wie äußere Bewegungen auf die Zeiten aller tragbaren Maschinen Einfluß bewirken, und welches die Vortheile u. s. f. jedes Verfahrens sind, einen solchen Einfluß zu vermindern, so will ich jetzt diejenigen Vortheile noch untersuchen, die durch die verschiedenen Mittel erhalten werden können, das Moment einer Unruhe zu verstärken. (Es ist bereits bemerkt worden, daß, wenn irgend eine äußere Bewegung derjenigen der Unruhe entgegen ist, die größte Wirkung davon diejenige ist, die Uhr aufzuhalten. Wenn sie hingegen die Bewegung der Unruhe verstärkt, so wird die größte Wirkung davon sein, daß die Unruhe bei den größten Vibrationen anschlägt oder prallt, wo denn verschiedene nachfolgende Vibrationen so sehr beschleunigt werden, daß sie dem Ohre merklich werden. Indessen kann dieser Fehler auch sehr vermindert, und vielleicht selbst aufgehoben werden, wenn man die Unruhe ihren Ueberschuß von Bewegung einer kleinern mittheilen läßt, welche auf das Maß der Zeit keinen Bezug hat, wogegen die Hauptunruhe prallen kann, wie Fig. 4. Taf. XIII. vorgestellt worden, und wo die kleine Spiralfeder bloß dient, um diese Unruhen in einer gewissen Lage zu erhalten, worin die andre sie jederzeit finden kann.)

Von dem Moment der Unruhe.

485. Da die Kraft einer Feder wie der Raum ist, in welchem sie gebogen wird (408), so folgt, daß, wenn keine andre Kraft auf die Unruhe wirkt, ihre bewegende Kraft in allen ihren Vibrationen wie die Länge der Vibration sein werde, und daß folglich die beschriebenen Räume und die bewegende Kraft durch einerlei Zahl werden ausgedrückt werden können.

486. Wenn nun bei abgeglichenen Taschenuhren die kürzeste Vibration, die dem Rade gestattet, von dem Lappen abzufallen, durch 1 ausgedrückt wird, so wird die unterhaltende Kraft gleichfalls durch 1 (470), und die bewegende Kraft der Unruhe nicht weniger aus der Wirkung der Räder und der Spiralfeder zusammengesetzt sein. Allein

487. Wenn die Vibration vermöge der in der Unruhe vereinigten Kraft der Räder wie 2, 3, 4, 5, 6 u. s. f. vermehrt wird, so wird auch die Kraft der Spiralfeder in dem nämlichen Verhältnisse (485) wachsen, und die unterhaltende Kraft, welche einerlei bleibt, wird bloß $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$ u. s. f. der bewegenden Kraft der Unruhe sein. [Und da das Verhältniß der bewegenden Kraft der Unruhe zur unterhaltenden Kraft auf diese Art wie die Länge der Vibration wächst, so folgt denn, daß alle Bemühung darauf gehen sollte, sie zu vergrößern, und daß solche Veränderungen, als sich in der unterhaltenden Kraft ereignen, weniger Fehler mit langen als kurzen Vibrationen verursachen werden (80)].

488. Jede Veränderung, welche sich in der unterhaltenden Kraft zuträgt, wird in einem geringern Verhältnisse zu der ganzen bewegenden Kraft der Unruhe bei ihren längern, als bei ihren kürzern Vibrationen

stehen,

stehen, und folglich (80) weniger die Zeiten verändern. (Dieserwegen werden denn auch, wenn das Oel an den Zapfen der Unruhe dick wird, die Vibrationen kürzer, und merklich geschwinder, obschon selbst die Verminderung des Rückfalls die entgegengesetzte Wirkung äußert.)

489. Der Einfluß der äußern Bewegung wird gleichfalls durch Vergrößerung des Winkels der Vibration vermindert; alles Bemühen sollte daher darauf gerichtet sein, diesen zu vergrößern, und jede Ursache aufzuheben, die irgend ein Bestreben äußern könnte, ihn zu vermindern, als Anreibung, Einfluß des Oels, und der Widerstand der Luft, wovon ich in der Folge mehr erwähnen werde.

490. Man sieht also hieraus (488, 489), wie vortheilhaft es ist, das Moment der Unruhe durch Vergrößerung ihrer Länge der Vibration zu vermehren, und die Länge der Vibration wächst mit der unterhaltenden Kraft: daher u. s. f.

491. Nun kann aber die Geschwindigkeit, und folglich das Moment der Unruhe durch Vergrößerung ihres Durchmessers vermehrt werden: allein obschon dieses Verfahren den Einfluß der äußern Bewegung nicht vermindert, so ist man doch in Gefahr, die Zapfen der Unruhe abzubrechen oder zu biegen, wenn ein Fall oder irgend eine andre heftige Bewegung Statt findet; wird aber die Anreibung auf die Zapfen durch dieses Mittel vermindert, so wird der Widerstand der Luft vermehrt. (Wofern nicht alle Vibrationen der Unruhe und der Feder vollkommen isochronisch in ihrem freien Zustande sind, und die unterhaltende Kraft solchergestalt angebracht wird, daß diese natürlichen Eigenschaften nicht gestört werden, so wird irgend eine Veränderung, als in der Dichtigkeit der Luft Statt findet, durch Veränderung der Länge der Vibrationen, solche

Fehler

Fehler erzeugen, und zwar mehr oder weniger, nach Verhältniß der ganzen Vermehrung des Widerstandes.)

492. Da das Moment wie die Menge der Materie in die Geschwindigkeit ist, so kann es durch Vermehrung der erstern sowohl als der letztern vergrößert werden; daher hat eine Unruhe von doppelter Schwere unter gleichen Umständen ein doppeltes Moment, und eine gleiche Wirkung zu Verbesserung der Unregelmäßigkeiten der unterhaltenden Kraft, wie 1 zu zum doppelten Durchmesser und der halben Schwere.

493. Wird nun die Anreibung auf die Zapfen wie die Schwere vermehrt, so wird der Widerstand der Luft in dem duplikaten Verhältnisse des Durchmessers (491) vermindert; daher ist der einzige Gegenstand, welcher dieses Verfahren, das Moment zu vermehren, gegen das erstere minder vorzüglich macht (491), die größere Gefahr der Zapfen beim Fallen u. s. f.

494. Endlich wird, wenn das Moment durch Vermehrung der Stärke der Unruhfeder vergrößert wird, und so folglich der Anzahl der Vibrationen, alle Vortheile der erstern Verfahrungsarten zu Verbesserung der Wirkungen von irgend Unregelmäßigkeiten in der unterhaltenden Kraft haben: und vermehrt es die Anreibung auf die Zapfen und den Widerstand der Luft, so vermindert es den Einfluß der äußern Bewegung (469) in einem solchen Grade, daß die Gefahr vermindert wird, daß eine Uhr in der Tasche stehen bleibt; durch dieses Mittel erhält man denn Gelegenheit zu einer solchen Vermehrung des Moments vermöge irgend einer oder beider zuletzt erwähnten Verfahrungsarten (491, 492) als der Unruhe bei Taschenuhren die nämlichen Vortheile zu Regulirung der Be-

Bewegung der Räder gegeben werden können, als die Pendel bei Wanduhren haben.

495. Auf diese Art kann denn der Gang der Taschenuhren in dieser Rücksicht so gemacht werden, daß er sich demjenigen bei Wanduhren nähert, in so fern als es die Natur der Dinge erlaubt; nimmt man nun gehörig Rücksicht auf dasjenige, was bereits in Rücksicht des Einflusses der äußern Bewegung (451) erwähnet worden ist, so werden alle fernere Versuche zu Verminderung ihrer Wirkung auf Maschinen in Schiffen, selbst zu ungleich genauern Absichten der Schiffahrt, unnöthig gemacht werden.

Von dem Thermometer.

496. Um die eigentliche Wirkung jeder besondern Ursache besser zu untersuchen, ist die Temperatur der Luft bisher als unveränderlich einerlei angesehen worden, allein gegenwärtig erfordert die Wirkung solcher Veränderungen, als sich in derselben ereignen, nebst den wirksamsten Mitteln, sie aufzuheben, besonders noch unsre nähere Aufmerksamkeit.

497. Wärme dehnt alle Metalle aus, und Kälte zieht sie zusammen; daher wirken die Hauptfedern der Uhren u. s. f. je nach dem Verhältnisse des Grades der Wärme oder Kälte, der sie ausgesetzt sind, mehr oder weniger stark; so daß, wenn keine andre Ursache von Fehler bei Taschenuhren Statt fände, die mit einer gewöhnlichen Hemmung versehen sind, sie bei kalter Witterung geschwinder gehen würden, als bei warmer.

498. Kälte macht das Oel dick, und Wärme hingegen flüssiger; fände diese Ursache allein Statt, so würde, so wie die unterhaltende Kraft wächst, die

Taschen-

Taschenuhr bei warmer Witterung geschwinder gehen, als bei kalter. Allein

499. Da der unmittelbare Einfluß der Wärme auf die Hauptfeder die unterhaltende Kraft (497) zu vermindern strebt, und ihr Einfluß auf das Oel an den Zapfen, sie zu vermehren (498), so müssen diese zwei Fehler, wenigstens zum Theil, einander aufheben, so daß die Wirkung, als irgend ein Ueberrest davon auf das Maß der Zeit haben dürfte, ganz aufgehoben werden kann, wenn man die Hemmung solchergestalt einrichtet, daß die unterhaltende Kraft die Zeit in der einen Hälfte der Vibration um so viel verlängert, als sie die andre verkürzt, wovon in der Folge mehr.

500. Wärme verlängert die Spiralfeder, und vergrößert den Durchmesser der Unruhe, welche beide Wirkungen denn zusammen treffen, daß die Uhr langsamer geht, und umgekehrt, und da diese Wirkungen ganz von den Lappen unabhängig sind, so müssen sie durch andre Mittel zu verbessern gesucht werden.

501. Die Zeit der Vibration einer Unruhe hängt unter gleichen Umständen von der Länge eines solchen Theils der Spiralfeder derselben ab, als bei der Vibration wirkt, ohne Rücksicht auf ihre ganze Länge: wenn daher die nämliche Ursache, welche den Durchmesser der Unruhe vergrößert, so eingerichtet wird, um den wirkenden Theil der Feder in dem gehörigen Verhältnisse zu verkürzen, und umgekehrt, so werden die Zeiten der Vibration einerlei bleiben.

502. Ich will daher hier ein Verfahren beschreiben, die Länge der Feder nach dem Durchmesser der Unruhe solchergestalt einzurichten, daß die Zeiten der Vibration ohne Rücksicht auf den Grad der Wärme oder Kälte gleich werden, dem die Uhr

aus-

ausgesetzt wird: ob nun aber schon das hier beschriebene Thermometer für eine nicht gewöhnliche Bauart einer Taschenuhr eingerichtet ist, wo die Feder über der Unruhe liegt, so wird doch, wenn man den Grund davon gehörig einsieht, der kluge Künstler leicht die Einrichtung so abzuändern wissen, daß sie seinen besondern Absichten entsprechend wird.

503. Fig. 1. Taf. XIV. ist ein stählerner Ring mit verschiedenen Stiften in demselben, woran sich so viele kleine Rollen befinden, als Fig. 2. angegeben sind; auf diesen stählernen Ring wird ein andrer von Messing geschraubt, welcher so ausgeschnitten ist, wie er daselbst vorgestellt worden, und so gemacht, daß er vermöge seiner elastischen Kraft gegen jede der kleinen Rollen drückt, welche also den Ausdehnungen seines Umkreises Gränzen setzen.

504. Da nun die Ausdehnung des Messings diejenige des Stahls übertrifft, so sieht man wohl, daß jede Wärme, die auf diesen doppelten Ring wirkt, die Enden des messingenen Ringes näher an einander bringen wird, so wie die Kälte die entgegengesetzte Wirkung verursacht: und da das eine Ende auf den stählernen Ring geschraubt wird, so wird der Ueberschuß der Ausdehnung oder Zusammenziehung desselben am andern Ende merklich werden, welches vermittelst eines leichten Zeigers sehr genau berichtiget werden kann, und durch die punktirte Linie Fig. 2. vorgestellt worden.

505. Wird nun dieser Ring so gemacht, daß er auf das eine Ende eines Hebels wirkt, der sich concentrisch mit der Unruhe bewegt, und an dem andern Ende desselben wird die Spiralfeder befestiget, wie man Fig. 3. sieht; so können die Ausdehnungen und Zusammenziehungen des messingenen Ringes so gemacht werden, daß sie die Spiralfeder zwischen zwei Stiften bewegen, und solchergestalt ihrer Wirkung Gränzen

setzen,

setzen, so daß ihre Aeußerung in allen Fällen nach dem Durchmesser der Unruhe verhältnißmäßig wird, und auf diese Art die Vibrationen, in so fern als sie von dieser Ursache verändert werden dürften, isochronisch macht. Der Hebel, worauf der messingene Ring wirkt, und woran die Spiralfeder befestiget wird, nebst der Spiralfeder und den Stiften, welche ihrer Wirkung Gränzen setzen, sind Fig. 4. von allen übrigen Theilen abgesondert vorgestellt, welche Stifte beweglich gemacht werden können, um die Uhr zu reguliren, ohne die Wirkung des Thermometers im Geringsten zu stören.

506. Fig. 5. stellt ein Verfahren vor, den Einfluß des Thermometers zu vermehren oder zu vermindern, ohne die Uhr anzuhalten, bis der Gang unter verschiedenen Graden von Wärme und Kälte der verlangten Absicht entspricht. Hier wirkt der messingene Ring (503) auf den Hebel, womit die Spiralfeder vermittelst eines andern Hebels verbunden wird, dessen Mittelpunkt der Bewegung durch die Schraube bei A solchergestalt verändert werden kann, um die Wirkung davon willkührlich zu erhalten.

507. Fig. 6. nebst den beigefügten Theilen stellen die Hebel u. s. f. besonders, und unter verschiedene Lagen vor, aus denen Fig. 5. besteht, ausgenommen die Theile, welche Fig. 2. vorgestellt worden. — Fig. 7. ist ein Durchschnitt von Fig. 5. in der Linie AB.

508. Die Vortheile dieses Thermometers sind, daß, da alle Theile der Oberfläche des messingenen Ringes vollkommen einerlei Luft ausgesetzt sind, welche auf die Unruhe und Feder Einfluß hat, hierdurch zu der nämlichen Zeit auf beide die Wirkung erfolgt, und daß, wenn er von einer mittlern Stärke zwischen derjenigen der Unruhe und ihrer Feder gemacht wird, indem man wegen der größern Bewegung der Unruhe

das

das Erforderliche beobachtet (328 bis 331), der Einfluß von Wärme und Kälte darauf vollkommen mit demjenigen auf die Unruhe und Feder gleichen Schritt halten wird, welches bei Thermometern nicht der Fall ist, wovon nur ein Theil ihrer Oberfläche der Luft ausgesetzt wird, und die mit stärkern Massen Metall so verbunden sind, daß sie bloß damit erwärmt und erkältet werden können, folglich kein Hülfsmittel leisten, ehe die Wirkung geschehen, oder doch wenigstens nur auf kurze Zeit. Auch

509. Wird der Gang solcher Thermometer weniger dem Verderben im Verfolge der Zeit ausgesetzt sein, als es bei solchen der Fall ist, deren Theile nicht sämmtlich aus ihrem eigenen Metalle bestehen, als von den Veränderungen, die sich in der Temperatur der Luft zutragen, gleichmäßig zusammengezogen und ausgedehnt werden. Und

510. Da die verschiedenen Dichtigkeiten der Luft ein Bestreben äußern, die Länge der Vibration zu verändern, und solchergestalt solche Ueberreste von Fehlern erzeugen, als noch wegen eines Mangels von absolutem natürlichen Isochronismus in der Spiralfeder Statt haben können; so muß ich hier bemerken, daß, da eine solche Dichtigkeit der Luft größtentheils von dem Grade der Wärme oder Kälte abhängt, ihr Einfluß auf die Zeiten der Vibration ein gleichförmiges Bestreben haben müsse, solche Fehler, die von dem Einflusse der Wärme und Kälte auf die Unruhe und ihre Feder herrühren, entweder zu vermehren oder zu vermindern, und folglich, indeß ein solcher Fehler in irgend einem Grade merklich ist, durch das Thermometer (506) verbessert werden kann.

511. Man sieht also nach allem dem, daß der Einfluß von Wärme und Kälte sehr nahe, wenn auch nicht ganz, bei Taschenuhren

eben

eben so wie bei Wanduhren verbessert werden kann. (Bei Wanduhren kann der Einfluß der Wärme und Kälte jederzeit vermindert werden, indem sie in irgend einem merklichen Grade verbleiben.) Auch kann die Kraft der Spiralfeder so gemacht werden, daß sie einerlei Verhältniß zu der angebornen Kraft der Unruhe behält, in so fern als die Kraft der Schwere auf die angeborne Kraft des Pendels äußert, und folglich die Vibrationen der erstern eben so isochronisch gemacht werden, als diejenigen des letztern.

512. Ich will nunmehr verschiedene Umstände in Rücksicht der Natur der Hemmung näher untersuchen, die auf die Zeiten der Vibration Einfluß äußern können, und die Ursachen angeben, warum Uhren, welche horizontal gebaut sind, in ihrem gegenwärtigen Zustande schlechter sind, als solche mit dem Kronrade, wenn der Grund der erstern bloß demjenigen der letztern gleich ist.

513. Es ist bereits bemerkt worden, daß der Einfluß von Wärme und Kälte auf das Oel von der schädlichsten Beschaffenheit sei, weil kein Hülfsmittel dagegen durch das Entgegengesetzte der Expansion der Metalle angewendet werden konnte; ich will daher jetzt den komparativen Grad untersuchen, wo dieser Einfluß bei horizontalen Taschenuhren, und denjenigen mit der gewöhnlichen zurückfallenden Hemmung Statt findet.

514. Ich habe in dem erstern Versuche (168) gezeigt, daß der Einfluß des Oels unter gleichen Umständen jederzeit wie die relative Geschwindigkeit der Theile sei, woran es angebracht worden, und wie er daher auf jeden Theil der Maschine (169) zu schätzen sei; das nämliche Verfahren wird beim Schätzen des Einflusses davon in der folgenden Tafel beobachtet,

wo

wo alle komparativen Dimensionen der Zapfen, des Cylinders, des horizontalen Rades und der Unruhe nach einem genauen Maße dieser Theile vermittelst des Sektors genommen worden.

515. Tafel über den komparativen Einfluß des Oels auf die Zapfen eines jeden Rads in einer Taschenuhr mit einem Zuge von 18,000.

Räder.	Mittlere Größe beider Zapfen.	Anzahl der Revolutionen.	Einfluß des Oels.
Erstes Rad	12	1	12
Minutenrad	6	4	24
Drittes Rad	$2\frac{3}{4}$	24	56
Viertes Rad	$2\frac{1}{2}$	240	600
Horizontales Rad	2	2400	4800

516. Man sieht solchergestalt, daß der Einfluß des Oels auf die Zapfen des horizontalen Rads allein sechsmal so groß ist, als auf alle andre Zapfen zusammengenommen: wenn daher der Einfluß auf alle Zapfen durch 7 ausgedrückt wird, so wird derjenige auf das horizontale Rad 6 sein, und der Einfluß auf alle andre 1 (515). Und

517. Weil das horizontale Rad 15 Zähne hat, und jeder Zahn auf jeden Rand des Cylinders stößt, so folgt, daß 30 Vibrationen der Unruhe geschehen, während dem das Rad einmal herumgeht: und nehmen wir ins Mittel gerechnet an, daß die Unruhe einen Umgang bei jeder Vibration macht, so wird die Bewegung ihrer Zapfen bei 30 Vibrationen, oder seinem Umgange des Rads gleich zehn ganzen Revolutionen sein. Daher

518. Wenn die Zapfen der Unruhe denjenigen des horizontalen Rades gleich gewesen wären, so würde der Einfluß des Oels auf erstere zu demjenigen

auf

auf letztere wie 10 zu 1 sein; allein der Durchmesser der Zapfen der Unruhe ist zu demjenigen des Rads bloß wie 3 zu 4, und folglich wird der Einfluß auf erstere zu demjenigen auf letztere in runden Zahlen bloß wie 7 zu 1 sein. Es kann also

519. Der komparative Einfluß auf alle Zapfen einer Taschenuhr folgendergestalt ausgedrückt werden.

Auf die Zapfen des	1. 2. 3. und 4. Rades zusammen	1
	Horizontalen Rades - -	6
	Unruhe - -	42
Auf alle Zapfen zusammen - -		49

520. Und da die Größe der Zapfen und die Anzahl der Revolutionen bei Uhren mit dem Kronrade wie in horizontalen mit der nämlichen Anzahl von Schlägen einerlei sind, so würde der Einfluß des Oels auf die Zapfen in beiden gleich sein, wenn kein Zurückfall Statt fände: allein wir wollen in Rücksicht des Zurückfalls, oder der rückgängigen Bewegung annehmen, daß der Einfluß auf alle Zapfen der Räder in Taschenuhren mit dem Kronrade doppelt sei, so wird alsdann der ganze Einfluß des Oels auf eine solche Taschenuhr folgendergestalt auszudrücken sein, denn es wird bei ihrer Hemmung kein Oel angewendet.

Auf die Zapfen	der ersten 4 Räder - -	2
	des Steigerads - -	12
	der Unruhe wie vorher -	42
	Summe	56

521. Man sieht also, daß der ganze Einfluß des Oels auf alle Zapfen einer Uhr mit dem Kronrade größer ist, als bei einer horizontalen Uhr: allein bei letzterer wird Oel bei dem Cylinder angewendet, dessen Einfluß zu demjenigen der Zapfen beigefügt werden muß.

522. Der

522. Der Einfluß des Oels auf den wirkenden Theil des horizontalen Rades (d. i. auf die Ränder des Cylinders) wird zum Einflusse auf die Zapfen desselben wenigstens wie der Durchmesser des Rades zu demjenigen seiner Zapfen (172) sein, oder beinahe wie 67 zu 1; und folglich wird, wenn der Einfluß auf alle Zapfen wie vorher durch 49 (519) ausgedrückt wird, der Einfluß auf die Ränder des Cylinders 402 sein. Und

523. Wenn die Unruhe wie vorher (517) angenommen wird, daß sie $\frac{1}{3}$ eines Umgangs vibrirt, so wird der Einfluß des Oels auf den kreisförmigen Theil des Cylinders wenigstens gleich demjenigen auf seine Ränder sein, und kann folglich ins Mittel gerechnet gleichfalls durch 402 ausgedrückt werden: der ganze Einfluß des Oels auf eine horizontale Taschenuhr, wie sie jetzt gebaut wird, wird also folgender sein:

Auf alle ihre Zapfen	=	=	49
Auf den Cylinder	=	=	804
		Summe	853

524. Der ganze Einfluß des Oels in Uhren mit dem Kronrade ist bereits zu 56 angegeben worden; der komparative Einfluß auf Uhren mit einem horizontalen und Kronrade ist also wie 853 zu 56, oder beinahe wie 15 zu 1. Es würden daher, wenn der horizontale Grund bloß demjenigen der Taschenuhren mit Kronrädern und zurückfallender Hemmung in allen übrigen Rücksichten gleich wäre, die Fehler in dem Gange der horizontalen Taschenuhren zu den Fehlern in den Uhren mit Kronrädern wie 15 zu 1 sein; allein Erfahrung beweist das Gegentheil, daß daher, wenn der Einfluß des Oels in beiden gleich gemacht wird, der Gang deutlich den Vorzug des horizontalen Prinzips beweisen wird.

525. Man

525. Man sieht, daß der Einfluß des Oels auf die Cylinder unter gleichen Umständen wie ihr Durchmesser (168) ist, und da er vermindert werden kann, wenn man die Größe des horizontalen Rades vermindert, oder seine Anzahl an Zähnen vermehrt, so wollen wir jetzt die besondern Vortheile eines jeden Verfahrens näher untersuchen.

526. Erstlich werde der Durchmesser des Rades vermindert, wie es bei E, 4, 2, 1. Taf. XV. vorgestellt worden, so wird alsdann der Cylinder, und folglich der Einfluß des Oels darauf in dem nämlichen Verhältnisse vermindert werden; denn die Cylinder haben einerlei Verhältniß zu einander, wie das Rad, zu dem sie gehören, und durch die beigefügten Zahlen angegeben worden. (Die Figur auf der Taf. XV. stellt die Art vor, nach welcher das horizontale Rad auf den Cylinder wirkt; denn wenn der Zahn auf den Rand des Cylinders gewirkt hat, so fällt der Zahn O auf dessen äußern Umkreis, worauf er ruht, bis die Vibration geschehen ist, und der andre Rand des Cylinders kommt innerhalb seiner Sphäre der Wirkung, wo er anfangen wird, als ein Keil zu wirken, und fortfahren, bis der Rand des Cylinders außerhalb des äußern punktirten Kreises kommt, wo der Zahn auf den innern Umkreis fallen wird, wie er durch die punktirten Linien und durch den Cylinder der bei D angegeben worden; und so fährt er fort auf die Ränder zu wirken, und auf dem Umkreise des Cylinders wechselsweise zu ruhen.) Allein

527. In diesem Falle bleibt die Anreibung, und folglich die Gefahr, den Cylinder fortzuziehen, unabänderlich einerlei; denn der Druck des Zahns auf den Cylinder wird vermehrt, wie die Länge des Zahns sich vermindert, und man leicht aus Taf. XV. bei E sieht, wo der Druck unter gleichen Umständen umgekehrt ist,

wie der Abstand eines jeden Zahns von dem Mittelpunkte der Bewegung, d. i. umgekehrt wie der Durchmesser eines jeden Rads.

528. Wir wollen also annehmen, daß die Anzahl der Zähne in dem horizontalen Rade vermehrt werde, so ist offenbar, daß die Länge eines jeden vermindert werden muß, so wie ihre Anzahl wächst: eben so wird auch der Durchmesser des Cylinders wie die Länge der Zähne vermindert, so daß folglich (522, 525) der Einfluß des Oels auf den Cylinder in jeder Vibration vermindert werde, so wie die Anzahl der Zähne wächst. Und

529. So wird auch die Anreibung in diesem Falle bei jeder Vibration in dem umgekehrten Verhältnisse der Anzahl der Zähne vermindert; denn die vereinigte Anreibung irgend einer Anzahl kleiner Zähne, welche auf den Rändern des Cylinders reiben, wird unter gleichen Umständen der Anreibung auf einen Zahn gleich sein, welcher den nämlichen Winkel am Mittelpunkte des Rads überspannt (527) Taf. XV. E. 4. und die Anreibung auf den kreisförmigen Theil des Cylinders wird in dem nämlichen Verhältnisse vermindert, wie diejenige an den Rändern desselben (528). Die ganze Anreibung also sowohl als der Einfluß des Oels auf den Cylinder bei jeder Vibration wird umgekehrt sein wie die Anzahl der Zähne in dem horizontalen Rade: woraus natürlich folgt, daß

530. Der Zug einer Taschenuhr selbst verdoppelt werden kann, ohne auf irgend eine Art die Anreibung oder den Einfluß des Oels auf irgend einen Theil der Taschenuhr zu vermehren, die Zapfen der Unruhe ausgenommen: auf diese

Art können denn schwere Unruhen und starke Spiralfedern ohne Gefahr des Stillestehens oder des stärkern Zugs des Cylinders als gewöhnlich angewendet werden u. s. f. (471) Oder

531. Wenn der Zug der nämliche bleibt, so wird der Einfluß des Oels und der Anreibung in jedem Theile der Taschenuhr (Unruhzapfen ausgenommen) wie die Anzahl der Zähne des horizontalen Rades sich vermehrt, vermindert werden: wenn also die Anzahl der Zähne in dem horizontalen Rade verdoppelt wird, und der Zug bleibt der nämliche, so wird der Einfluß des Oels auf den Cylinder auf die Hälfte zurückgebracht (529); und die Umläufe aller Räder, und folglich die Anreibung und der Einfluß des Oels auf alle Zapfen werden eine gleiche Verminderung erleiden. Oder

532. Wenn der Zug der nämliche bleibt, kann die Anzahl der Stäbe des Triebs des dritten Rades in dem nämlichen Verhältnisse wie die Anzahl der Zähne in dem horizontalen Rade vermehrt werden, welches die Wirkung dieses Rades auf den Cylinder vermehren, und folglich die Vibrationen sowohl vergrößern, als den Einfluß des Oels auf den Cylinder vermindern wird (529). (Die Anreibung und die Unregelmäßigkeit der Wirkung in den Trieben werden wie die Quersinus der Winkel vermindert, welche von ihren Stäben überspannt werden; so sind die Anreibung und die Unregelmäßigkeiten der Wirkung in einem Triebe von 6, zu demjenigen eines Triebs von 9 beinahe wie 2 zu 1, und zu dem von 12 beinahe wie 4 zu 1.)

533. Man sieht nach allem dem, daß es ungleich vortheilhafter ist, die Anzahl der Zähne des horizon=

horizontalen Rades zu vermehren, als dessen Durchmesser zu vermindern.

534. In dem horizontalen Rade, wie es jetzt allgemein angewendet wird, hat jeder Zahn eine geneigte Fläche oder Keil, wie Taf. XV. vorgestellt worden, welche auf die Ränder des Cylinders wirkt, und auf diese Art die Vibrationen unterhält; diese Zähne, nachdem sie ihre Wirkung gethan, ruhen sodann wechselsweise auf dem innern und äußern Umkreise des Cylinders, und es wird daher die Anreibung und der Einfluß des Oels auf den Cylinder während der Zeit der Ruhe des Rades unter gleichen Umständen wie der mittlere Umkreis des Cylinders sein.

535. Allein die innere Seite des Cylinders muß etwas mehr als die Länge des Zahns betragen, und die äußere Seite wird noch von der erforderlichen Stärke des Cylinders vermehrt; sein mittlerer Durchmesser kann daher bei dieser Einrichtug eines Rades zu einem solchen Grade gebracht werden, daß die Anwendung des Oels unnöthig wird. Allein

536. Wenn der Cylinder so stark gemacht wird, um zu gestatten, daß er diejenige Neigung auf seinen Rändern hat, als auf der Fläche der Zähne ist, so können alsdann die Zähne gerade ohne allen Keil, und von der Größe einer schwachen Nadel gemacht werden; dieß wird denn eine gleiche Verminderung des innern Durchmessers des Cylinders gestatten, wodurch die Anreibung zugleich verhältnißmäßig während der Ruhe des Rades darauf vermindert wird. Und

537. Wenn die Zähne eines solchen Rades wechselseitig an jeder Seite daran, wie Fig. 3. Taf. XVI. gebildet werden, so können sie jederzeit

 so

so gemacht werden, daß sie an dem innern Umkreise des Cylinders ruhen, der verhältnißmäßig bis auf einen Punkt zurückgebracht worden; auf diese Art wird die Anreibung auf den Cylinder während der Zeit der Ruhe so viel zurückgebracht, daß keine Anwendung des Oels erforderlich ist; auch wird der Gebrauch desselben während der Zeit der Wirkung des Rades hier nicht nothwendiger sein, als bei der gewöhnlichen zurückfallenden Hemmung.

538. Dieß wird denn den Gang nicht nur durch Hinwegnehmen des Einflusses des Oels von dem Cylinder, so daß horizontale Taschenuhren in dieser Rücksicht mit denjenigen nach der gewöhnlichen Bauart (524) gleich gebracht werden; sondern auch durch Verminderung der Anreibung auf den Cylinder verbessern, so daß einerlei unterhaltende Kraft eine längere Vibration ertragen kann; die Vortheile davon sind bereits (488, 489) angegeben worden.

539. Wird nun ein solches horizontales Rad, als hier beschrieben, und Taf. XVI. Fig. 1. vorgestellt worden, von gut gehärtetem Stahle, und die Theile der Wirkung des Cylinders gleichfalls von durchaus hartem Stahle oder Diamant gemacht werden, so wird der Gang einer solchen Maschine den Vorzug des horizontalen Prinzips vor jedem andern beweisen.

540. Da die Spiralfeder die Bewegung der Unruhe gegen ihren Punkt der Ruhe befördert, und sich dem Zurückgange davon widersetzt, so sieht man leicht, daß, wenn man irgend eine andre Kraft auf die Unruhe auf gleiche Art wirken läßt, sie eine ähnliche Wirkung auf die Zeiten der Vibration haben werde, als eine Vermehrung der Stärke in der Feder haben

würde,

würde, d. i. sie wird die Zeiten verkürzen. Und

541. Wenn die nämliche Kraft angewendet wird, um sich der Bewegung der Unruhe gegen ihren Punkt der Ruhe zu widersetzen, und die Bewegung davon zu befördern, so wird auf diese Art die Kraft der Feder eben so viel entgegenwirken (411), als sie in dem vorigen Falle beistand (540), und wird daher eine entgegengesetzte Wirkung haben, d. i. sie wird die Zeiten der Vibration verlängern. Also

542. Wenn die Wirkung des horizontalen Rades solchergestalt auf die Ränder des Cylinders wirkt, daß es nebst der Spiralfeder vereinigt wirkt, sie aufzubiegen, eben so viel als sie entgegen wirkt, sie zu biegen (411), so wird die Hälfte ihrer Wirkung die Zeit der Vibration (540) eben so viel verkürzen, als die andre sie verlängert (541); und folglich werden diese gleichen und entgegengesetzten Wirkungen jederzeit einander das Gleichgewicht halten, und die ganze Zeit der Vibration einerlei machen, als ob keine solche Ursache Statt fände. Daher können solche Veränderungen, als sich in der Wirkung des Rades auf die Lappen ereignen, die Zeiten der Vibration nicht verändern.

543. Beispiel: Wir wollen hier zwei koncentrische Kreise annehmen, welche durch das Ende der Theile der Wirkung des horizontalen Rades gehen, wie durch die punktirten Linien Taf. XV. vorgestellt worden, so ist offenbar, daß das Rad bloß auf die Ränder des Cylinders wirken kann, indeß sie innerhalb diesen Kreisen bleiben; wird nun ihr Abstand in zwei gleiche Theile wie bei A getheilt, und ein andrer Kreis

durch

durch diesen Punkt gezogen, so müssen die Ränder des Cylinders, wenn er in Ruhe ist, in diesem Kreise sich endigen, wie gleichfalls bei A angegeben ist, in welchem Falle die unterhaltende Kraft die Zeit der einen Hälfte der Vibration (542) genau eben so viel verlängern wird, als die andre sie verkürzte. Allein

544. Wenn die Ränder des Cylinders innerhalb diesem Kreise ruhen, wie bei G, so wird die unterhaltende Kraft die eine Hälfte der Vibration (540) mehr verlängern, als sie die andre verkürzt (541) im Verhältnisse, als die Ränder des Cylinders dem innern Kreise näher liegen als dem äußern, wie bei G Taf. XV.; und folglich wird die ganze Vibration mehr Zeit brauchen, als wenn sie von der Wirkung der Spiralfeder allein geschähe; und diese Wirkung der unterhaltenden Kraft wird größer werden, als die Vibrationen kürzer werden, wie ich in der Folge zeigen werde, und die nämliche Wirkung auf das Maß der Zeit bewirken, als ob die kürzern Vibrationen der Unruhe, wenn sie von ihrer Feder allein getrieben werden, natürlich langsamer wären als die längern (solchergestalt wird denn jede Veränderung in der Wirkung der Räder, oder irgend eine andre Ursache, die den Winkel der Vibration verändern kann, gleichfalls die Zeiten verändern); dieß ist auch der Fall bei allen horizontalen Taschenuhren; denn wenn die Ränder des Cylinders in dem Kreise wie bei A ruheten, so würden die Spitzen der Zähne nicht auf den kreisförmigen Theil des Cylinders wie bei C und D fallen, sondern auf seinen Rand, wodurch denn die Vibration einen Stoß erhielte, und die schädlichste Wirkung erzeugte.

545. Die Länge der Vibration bei Pendeln hängt unter gleichen Umständen von ihrer Geschwindigkeit in dem Punkte der Ruhe, d. i. in in ihrem niedrigsten

Punkte

Punkte ab, und die Zeit des folgenden Steigens wird die nämliche sein, es möge nun eine solche Geschwindigkeit die alleinige Wirkung der Schwere, oder die vereinigte Wirkung derselben, und der Wirkung der Räder in dem folgenden Fallen sein; die Zeit des folgenden Fallens kann auch durch die Wirkung der Räder keinen Einfluß erhalten, ehe eine solche Wirkung Statt findet. (Isaac Newton sagt in der vierten Definition: „eine mitgetheilte Kraft bleibt in einem Körper nicht länger, als ihre Wirkung dauert; denn ein Körper unterhält jeden neuen Zustand, den er erlangt, bloß vermöge seiner angebornen Kraft.") Es folgt also, daß

546. Der Einfluß der unterhaltenden Kraft auf das Maß der Zeit unter gleichen Umständen wie die Zeit ihrer Wirkung (545) ist [eben |so folgt auch nach diesen Bemerkungen, daß es bei Wanduhren rathsamer ist, die Wirkung der Räder auf das Pendel in der Zeit seines Steigens anzuwenden, als seines Fallens, so wie bei Taschenuhren zur Zeit des Biegens, als zur Zeit des Aufbiegens der Spiralfeder: denn erfolgt diese Wirkung zur Zeit des Steigens, so hört ihre Wirkung auf das Maß der Zeit mit der Wirkung auf; allein welche Kraft auch die Geschwindigkeit des Pendels u. s. f. Beihülfe leistet, so wird in seinem Fallen immer auf die Zeit des folgenden Theils des Fallens Einwirkung geschehen, und wird aus dem nämlichen Grunde dem Gange schaden, daß die unterhaltende Kraft zu Anfange stärker wirkt als gegen das Ende des Fallens (226)]; auch wird ihre Wirkung zu Unterhaltung der Vibrationen durch Verkürzung der Zeit der Wirkung merklich geschwächt, welches alles auf die Vibrationen der Unruhe eben so anwendbar ist, als auf diejenigen des Pendels (413). (Isaac Newtons zweites

zweites Gesetz der Vibration ist: „Wenn irgend eine Kraft eine Bewegung erzeugt, so wird eine doppelte Kraft eine doppelte Bewegung, eine dreifache Kraft eine dreifache Bewegung erzeugen, es wirke nun diese Kraft vereinigt, und auf einmal, oder allmählig und nach und nach." Ich habe mich bereits (440) bemühet zu zeigen, wie die übeln Wirkungen der Kraft der Trägheit der Räder vermindert werden müssen, und nehme daher hierauf nicht weiter Rücksicht.)

547. Auf diese Art kann denn, wenn man ein horizontales Rad macht, welches auf den Cylinder genau eben so viel in der Zeit des Biegens der Spiralfeder wirkt, als in der Zeit des Aufbiegens (d. i. daß die Wirkung des Rades auf die Unruhe auf jede Seite des Punkts der Ruhe gleichmäßig angewendet werde, oder daß das Rad eben so viel auf die Unruhe zur Zeit ihrer Näherung ihres Punkts der Ruhe wirkt, als zur Zeit ihres Abfalls davon) die unterhaltende Kraft gemacht werden, die Zeit der einen Hälfte der Vibration (541) so viel zu verlängern, als die andre verkürzt wird (540); und sollte auch noch irgend ein Fehler übrig bleiben, der von der Bearbeitung herrührt, u. s. f. so kann doch die Wirkung davon durch Verkürzung der Zeit der Wirkung des Rades auf den Cylinder (546) vermindert werden; durch diese vereinigten Mittel kann daher der Gang bei Taschenuhren (in so fern als dieses von der unterhaltenden Kraft herrührt) gewissermaßen noch vollkommner gemacht werden, als bei Wanduhren, wo der Einfluß des Oels Statt findet. (Hier muß ich aber noch bemerken, daß, da der Einfluß der Wärme und Kälte auf das Oel, die Hauptfeder und Schnecke bloß die unterhaltende Kraft zu vermehren oder zu vermindern streben, ihre Wirkungen auf die Zeiten

der

der Vibration durch dieses Verfahren, sie auf die Unruhe anzuwenden, ganz aufgehoben werden.) Allein

548. Nachdem ich bereits die Ursachen angeführt habe (544), warum alle horizontale Taschenuhren, als bisher gemacht worden, und mit Rad und Cylinder nach gegenwärtiger Bauart sind, ihre Vibrationen etwas langsamer haben müssen, als wenn die Unruhe allein vermöge ihrer Feder getrieben würde: und warum diese Wirkung bei kürzern Vibrationen größer sein muß als bei längern (546), aus welchem Grunde denn jede Ursache, welche die Länge der Vibrationen verändern kann, gleichfalls ihre Zeiten verändern wird; so will ich jetzt noch besonders ein Rad und eine Hemmung näher betrachten, welche diesen Fehler sowohl als den Einfluß des Oels aufhebt, und auf diese Art die Vibrationen der Unruhe und der Feder im vollen Besitze aller ihrer natürlichen Eigenschaften läßt.

549. Fig. 1. Taf. XVI. stellt eine Hemmung vor, die aus einem Lappen und einem Einfalle besteht, vermittelst welchen das Rad auf die Unruhe bloß bei jeder zweiten Vibration wirkt; diese Hemmung, wenn sie gehörig bearbeitet wird, wird alle die vorher erwähnten Eigenschaften (547) besitzen, und sehr schnelle Vibrationen gestatten, da die Zeit der Wirkung des Rads ein so geringes Verhältniß zu seiner Zeit der Ruhe hat; auch kann der innere Durchmesser des Einfalls und des Lappens, nach Verhältniß zum mittlern Durchmesser der gewöhnlichen Cylinder so schwach gemacht werden, daß die Anreibung und der Einfluß des Oels während der Zeit der Ruhe (526) beinahe ganz aufgehoben wird, durch welches Mittel denn die Vibration sehr vermehrt, und daher ein doppelter Vortheil erhalten wird, ob auch schon die Anwen-

Anwendung des Oels noch nöthig gefunden werden dürfte. Bei dieser Hemmung stehen die Zähne des horizontalen Rades alle auf einer Seite, wie Fig. 2. vorgestellt worden.

550. Diese Hemmung wird auch zu Versuchen dienen, als bereits in Rücksicht der Beschaffenheit der Hemmungen (540, 541) erwähnet worden sind, und zeigen, wie sehr man die Wirkungen der unterhaltenden Kraft auf die Zeiten der Vibrationen verschiedener Längen bisher wegen des natürlichen Bestrebens der Unruhe und der Feder verkannt hat.

Versuch.

551. Wenn der Lappen in der Lage ist, wie er bei A Fig. 1. vorgestellt worden, und die Unruhe ist in Ruhe, so wird die Wirkung des Rades die Zeit der Vibration zu verlängern suchen (541), welche Wirkung auf die kürzern Vibrationen (546) am größten sein wird; wenn daher das natürliche Bestreben der Vibrationen isochronisch ist, so wird die Wirkung des Rades auf die Lappen die kürzern Vibrationen von längerer Dauer machen, als die längern, und alle Vibrationen langsamer, als sie vermittelst der Kraft der Spiralfeder allein geschehen würden.

Versuch.

552. Es sei der Lappen in der Lage, wie er bei C vorgestellt worden, so wird, wenn die Unruhe in Ruhe ist, die Wirkung des Rades die Zeit der Vibration verkürzen (540) und sie geschwinder machen, als wenn sie durch die Kraft der Spiralfeder allein geschähen,

geschähen, welche beschleunigende Wirkung bei kürzern Vibrationen gleichfalls am größten sein wird (546); und folglich wird, wenn alle Vibrationen der Unruhe von Natur isochronisch wären, die Wirkung der Räder in diesem Falle die längern Vibrationen langsamer als die kürzern machen: wie thöricht ist es also, einen Schluß von dem natürlichen Bestreben der längern und kürzern Vibrationen der Unruhe und Feder zu machen, indeß solche fremde und unbeobachtete Ursachen darauf Einfluß äußern!

Versuch.

553. Endlich wenn, während dem die Unruhe in Ruhe ist, der Lappen in der Lage wie bei B sich befindet, so wird die eine Hälfte der Wirkung des Rades auf den Lappen sich äußern, während dem die Spiralfeder im Aufbiegen, und die andre Hälfte, während dem sie im Biegen ist, folglich wird die erstere eben so viel die Zeit der Vibration verkürzen (540), als sie die letztere verlängert (541), und die ganze Zeit wird die nämliche sein, als ob die Unruhe allein von ihrer Feder getrieben würde, ohne Rücksicht auf die Kraft zu nehmen, mit welcher das Rad auf den Lappen wirkt. (Die einzige Unbequemlichkeit bei dieser Hemmung ist, so weit ich sie kenne, daß der Zwischenraum zwischen den Schlägen wechselsweise lang und kurz ist; allein dieß wird auf keine Weise Einfluß auf das Maß der Zeit haben, oder verursachen, daß die Uhr weniger angemessen zu Beobachtungen irgend einer Art sei; denn diejenigen zwei Schläge, welche unmittelbar auf einander folgen, können als ein einziger angesehen werden.)

554. Vermöge dieser Mittel können wir denn nicht

nicht nur das natürliche Bestreben der längern und kürzern Vibrationen irgend einer Unruhe und Feder entdecken, wenn keine unterhaltende Kraft angewendet wird (553); sondern da das natürliche Bestreben einmal bekannt ist, wenn die längern Vibrationen geschwinder sind als die kürzern, oder die kürzern geschwinder als die längern, sie auch verbessert werden, indem man die Lage des Lappens ändert, wie bereits angeführt worden (551, 552). (Was hier in Rücksicht der Lage dieses einen Lappens gesagt wird, ist auf jeden Lappen gleich anwendbar, wo deren zwei sind; und kann nun die relative Lage der Lappen zu einander verändert werden, so wird die Wirkung wie bereits angegeben sein.)

555. Nachdem wir nun solchergestalt die Mittel angegeben haben, wodurch die natürlichen Eigenschaften der Unruhe und der Feder vermöge einer gehörigen Aufmerksamkeit auf die Lage des Lappens erhalten werden können, wo bloß einer gebraucht wird (553), so komme ich nunmehr zur nähern Betrachtung der Mittel zur Erhaltung und Wiederherstellung derselben, wo zwei Lappen angewendet werden, und das Rad bei jeder Vibration wirkt.

556. Fig. 4. Taf. XVI. zeigt die Beschaffenheit der Krümmung, nach welcher der Rand des Cylinders gemacht werden muß, woraus man sieht, daß das Rad eine gleichmäßige Kraft zur Bewegung der Unruhe hat, auf welchen Theil dieser Krümmung es auch wirkt; denn wenn der Cylinder durch gleiche Räume bewegt wird, wie auf dem Bogen AB bemerkt worden, so wird das Rad um gleiche Räume vorwärts gehen, wie sie auf der

Linie

linie AD angegeben worden; ich bemerke hier nur noch, daß die Hemmung Fig. 1. sowohl als die folgenden diese Eigenschaft besitzt.

557. Fig. 5. stellt die relative Lage der beiden Ränder des Cylinders vor, wenn man das Rad bei jeder Vibration wirken läßt; die Zähne desselben stehen wechselsweise auf jeder Seite wie Fig. 3. wo man sieht, daß einerlei Centralwinkel ACB beide Krümmungen auf den Rändern des Cylinders überspannt, und daß diese Krümmungen einander genau um die Hälfte der Stärke des Cylinders kreuzen, ohne welches das natürliche Bestreben der Vibrationen gestört werden würde (553).

558. Hier muß ich noch bemerken, daß, da die Wirkung irgend einer Unvollkommenheit der unterhaltenden Kraft mit dem Winkel vermehrt oder vermindert wird, welchen die Krümmung der Wirkung auf den Rand des Cylinders am Mittelpunkte (546) überspannt, dieser Winkel vermindert werden müsse, wo das wahre Maß der Zeit der vorzüglichste Gegenstand unsrer Aufmerksamkeit ist, und vermehrt, wenn wir durch Versuche die Theorie der Lappen und Spiralfedern beweisen wollen. (Ich bemerke noch, daß durch Vermehrung oder Verminderung des Winkels, welcher durch die Krümmung der Wirkung des Lappens, d. i. der Winkel der Hemmung, überspannt wird, die Zeit der Wirkung der unterhaltenden Kraft gleichfalls vermehrt oder vermindert wird.)

559. Auch muß ich noch bemerken, daß, wenn zwei Lappen angewendet werden, d. i. wenn das Rad auf beide Ränder des nämlichen Cylinders wirkt, die komparativen Zeiten der längern und kürzern

Vibrationen mit der Hemmung Fig. 1. nicht verändert werden können (551, 552).

560. Wenn man annehmen könnte, daß die Bearbeitung mit mathematischer Genauigkeit geschähe, und die Zähne des horizontalen Rades so fein wären als eine mathematische Linie, so würden wir in der Ausführung sowohl als in der Theorie die natürlichen Eigenschaften der Vibrationen durch die Mittel erhalten, die 542 vorgeschlagen, und Fig. 5. vorgestellt worden sind. Allein da die Zähne doch eine gewisse Stärke haben, und wir sorgfältig gegen ihr Anschlagen auf den Rand, oder den Theil der Wirkung des Cylinders Rücksicht nehmen müssen, so können wir nicht vollkommen die natürlichen Eigenschaften der Unruhe und der Feder bei dieser Bauart der Lappen erhalten, wohl aber in einem geringern Grade für die Verzögerung, als man sagte, daß sie bei dem gewöhnlichen horizontalen Rade Statt fände (544). (Herr Lepaute, ein geschickter Französischer Uhrmacher, beschreibt in seinem Werke, welches 1755 zu Paris herausgekommen ist, eine Einrichtung von einer von ihm erfundenen Hemmung, wo der Zahn auf der innern Seite des Cylinders bei jeder Vibration ruht, wodurch denn freilich die Anreibung darauf während der Zeit der Ruhe sehr vermindert, und folglich ein sehr beträchtlicher Vortheil erhalten wird. Allein die Wirkung des Rades strebt bei seiner Einrichtung, die Vibration während seiner ganzen Zeit der Wirkung zurück zu halten, welche denn jederzeit nach Verhältniß zur Länge der Vibration vermehrt oder vermindert wird, so wie denn jede Ursache, welche die Länge der Vibration verändern kann, auch die Zeiten verändern wird; auch ist noch kein Versuch angestellt worden, diesem Uebel, so viel mir bekannt ist, zu begegnen.)

561. Ich

561. Ich will daher nunmehr untersuchen, vermöge welcher Einrichtung der Lappen diese Unbequemlichkeiten vermieden werden können, und daß das Rad bei jeder Vibration, d. i. auf beide Ränder des Cylinders wirkt.

562. Wir wollen also annehmen, daß die Krümmungen auf die Ränder des Cylinders verschiedene Winkel am Mittelpunkte wie AEB, BEC Fig. 6. überspannen, und die punktirte Linie EB einen Theil des punktirten Bogens vorstelle, welcher die Spitzen der Zähne des Rades wie bei A Fig. 1. umschreibt, so sieht man wohl (551), daß die ganze Wirkung des Rades auf jeden Lappen die Zeiten der Vibration verlängern werde; allein da der Winkel BKC, welcher von dem Rande des Cylinders Fig. 7. überspannt wird, leicht gefunden werden kann, so können wir einen andern Winkel EKD (408) finden, wo die Eigenschaften der Vibrationen der Unruhe und Feder einerlei mit denjenigen eines Pendels sind, welches in der Cykloide vibrirt u. s. f. und welchen die Unruhe dreimal so lang beschreiben wird; wird nun LG gleich $\frac{1}{6}$ von FD, und die Krümmung GF auf gleiche Art, wie die Krümmung AD oder DB Fig. 4. gemacht, so wird die Wirkung des Rades darauf jede Vibration um eben so viel beschleunigen, als sie auf der Krümmung AD verzögert wird. Denn

563. Wenn die Kraft des Rades beim Bewegen der Unruhe auf die Krümmung GF eben so groß wäre, als auf AD oder AB, so würden die Wirkungen auf jede wie die relativen Zeiten der Wirkung (446) sein; und jede Zeit der Wirkung auf die Krümmung GF ist nach der Hypothese dreimal so lang, als die Zeit der Wirkung auf den Rand des Lappens AD, und das Rad

wirkt

wirkt auf GF sowol in dem Fortgange der Unruhe gegen das Ende der Vibration, als auch bei ihrem Zurückgehen, dagegen sie auf AD bloß einmal bei jeder Vibration wirkt; die ganze Zeit der Wirkung auf GF also ist zur ganzen Zeit der Wirkung auf AD bei jeder Vibration wie 6 zu 1. Allein, wirkt eine Ursache gleichförmig, so wird die Wirkung wie die Zeiten sein; wenn daher das Rad die nämliche Kraft hätte, die Unruhe auf der Krümmung GF zu bewegen, als es auf AD hat, so würde die Beschleunigung auf erstere sechsmal so groß sein, als die Verzögerung auf letztere; allein die Kraft des Rades auf GF ist zur Kraft desselben auf AD wie LG zu FD d. i. wie 1 zu 6; sind daher die Kräfte bei beiden umgekehrt wie ihre Zeiten der Wirkung, so werden die Wirkungen gleich sein. Folglich

564. Wie auch die Wirkung der Räder auf Lappen von dieser Einrichtung beschaffen ist, so wird sie den einen Theil der Zeit der Vibration eben so viel beschleunigen, als sie den andern verlängert, und die ganze Zeit irgend einer Vibration, von welcher Länge sie auch ist, wird einerlei sein, als ob sie von der Kraft der Spiralfeder allein bewirkt würde.

Zusatz.

565. Wenn die Krümmung GF fortgesetzt würde, bis sie sich in dem Mittelpunkte, wie durch die punktirte Linie vorgestellt worden, endigte, so würde die Beschleunigung beständig fort wie die Vibration wachsen, allein die Verzögerung auf AD wird vermindert, wie die Vibration wächst (446), und daher wird, so bald als der Winkel der Vibration größer wird, als zweimal der Winkel EKC, die ganze Zeit der Vibration in

in Verhältniß zu dem Wachsen der Vibration verkürzt; dieß zeigt denn die Nothwendigkeit, die Krümmung FG bei G zu unterbrechen, und dafür den Kreisbogen GIM anzuwenden, welcher einen Winkel wenigstens gleich den größten Fluktuationen der Vibration überspannen muß.

566. Was bereits von der innern Seite eines Cylinders bewiesen worden, ist auf die äußere Seite wie auf gewalzte Lappen gleich anwendbar; allein da das Rad darauf nicht eine gleiche Kraft besitzt, die Unruhe in jedem Theile ihrer Wirkung zu bewegen, so läßt sich der Beweis nicht anwenden: auch muß man bemerken, daß, wenn diese Lappen so gemacht werden, daß sie ein solches Verhältniß zu dem Rade besitzen, daß seine Zähne beinahe unter rechten Winkeln mit dem Umkreise des Cylinders während der Zeit der Ruhe wirken, so wird die Zeit der Wirkung auf die Lappen ein zu großes Verhältniß zur Zeit der Ruhe haben (446); wodurch denn die Wirkung, welche irgend eine äußere Bewegung oder Veränderung in der Wirkung der Räder haben wird, gleichfalls eben sowohl vermehrt werden wird, als die Veränderungen des Stillestehens der Taschenuhr durch den Einfluß der äußern Bewegung: aus diesem Grunde hielt ich es denn hier für unnöthig, eine besondere Beschreibung davon zu geben, nachdem bereits die nöthigen Bemerkungen über Lappen weit über meine Gränzen gegangen, als ich zur Absicht hatte; auch scheint es nicht, daß derjenige, welcher vollkommen einsieht, was in diesem und in dem vorhergehenden Versuche gesagt worden, in Verlegenheit sein dürfte, die Vorzüge irgend einer besondern Einrichtung der Lappen, oder neue zu machen, um irgend einer besondern Absicht zu entsprechen, zu schätzen.

Von dem Widerstande der Luft.

567. Da die Zeiten der Vibration einer Unruhe keineswegs von der Kraft der Schwere abhängen, so folgt, daß keine Veränderung in der spezifischen Schwere der Luft ihre bewegende Kraft ändern könne, wie es beim Pendel der Fall ist (378). Daher

568. Kann irgend eine Veränderung in der Dichtigkeit der Luft bloß auf die Vibrationen einer Unruhe Einfluß haben, daß die Vibration nach Verhältniß zum Wachsen der Dichtigkeit verkürzt wird; auch können solche Veränderungen in der Länge der Vibration ihre ganze Zeit auf keine andre Art verändern, als durch irgend eine zurückgebliebene Unvollkommenheit der Spiralfeder oder Lappen, denn sie verlängert die eine Hälfte eben so viel, als sie die andre Hälfte verkürzt (238, 129). Daher

569. Wenn die Spiralfeder das natürliche Bestreben hat, alle ihre Vibrationen in gleichen Zeiten zu thun, und die Lappen die beschriebenen Eigenschaften haben, keine Veränderung in der Dichtigkeit der Luft auf irgend eine Art die Zeiten der Vibration verändern kann. Allein

570. Angenommen die natürlichen Eigenschaften der Spiralfeder (408), wenn die unterhaltende Kraft irgend ein Bestreben hat, die Zeiten der längern Vibrationen entweder geschwinder oder langsamer, als die Zeiten der kürzern (551, 552) zu machen, und wenn diese Wirkung durch einen unbegränzten Zurückfall (oder umgekehrten Zurückfall) verbessert wird, wie er durch die punktirte Spirallinie

Fig.

Fig. 7. Taf. XVI. vorgestellt und 565 beschrieben worden; so sage ich, daß, wenn dieß der Fall ist, irgend eine Veränderung der Dichtigkeit der Luft die Zeiten sowohl als die Längen der Vibrationen verändern werde; und aus diesem Grunde kann keine Krümmung von irgend einer Art, welche den Winkel der Fluktuationen überspannt, und ein Bestreben äußert, die Zeit entweder zu verkürzen oder zu verlängern, jemals den natürlichen Isochronismus der Vibrationen einer Unruhe erhalten oder wieder herstellen (565).

571. Auch folgt, daß, wo das natürliche Bestreben der Vibration isochronisch ist, ihre Eigenschaften niemals ohne die ruhende Hemmung erhalten werden können (565). Allein

572. Wenn die unterhaltende Kraft und der Winkel einer Vibration hinreichend vermehrt (487, 488, 489), und die Zeit der Wirkung der Räder auf die Lappen vermindert (546), und Rücksicht auf das genommen wird, was bereits (540, 541) gesagt worden, so kann selbst mit Lappen von weniger vollkommner Einrichtung ein guter Gang erhalten werden.

573. Allein in allen Fällen, wo Zweifel oder Unsicherheit Statt findet, ist es am besten, sich auf die ruhende Hemmung zu verlassen, denn diese in Verbindung mit langen Vibrationen wird jederzeit einen Fehler der unterhaltenden Kraft vermindern (263); da hingegen ein Zurückfall von irgend einer Art die gerade entgegengesetzte Wirkung haben kann, und ist daher, so wie gefährliche Arzneimittel, niemals anzuwenden, wofern es nicht durch Gewicht oder Maß geschehen kann.

Solchergestalt habe ich mich denn bemühet, die praktische Theorie der Uhrmacherkunst festzusetzen, und die Mittel auszuzeichnen, solche Vortheile bei tragbaren Maschinen zu erhalten, die ihren Gang beinahe gleich demjenigen in Wanduhren selbst nach ihrem vollendeten Zustande machen. Sollte ich irgendwo undeutlich gewesen, oder irgend etwas Wichtiges ausgelassen haben, so ist es ohne Absicht geschehen, vielmehr versichere ich, daß alles Angeführte der Wahrheit gemäß ist, und daß Versuche und fernere praktische Vervollkommnungen diese Theorie näher bestätigen, und ihren allgemeinen Nutzen zeigen werden, so wie denn, wenn man diesen Gegenstand der öffentlichen Aufmerksamkeit würdig halten sollte, ich noch ferner meine eifrigsten Bemühungen willig darbieten werde.

LB Coburg

A
Fig. 1.
B
C
D
E
F
G
N
E
F
4
3
2
1
C

LB
Coburg

K
R
Q
B
E
C
I
D
T

LB
Coburg

Tab. 3.

LB
Coburg

Tab. 4.

LB
Coburg

Tab. 5.

LB
Coburg

Tab. 6.

LB
Coburg

Tab. 7.

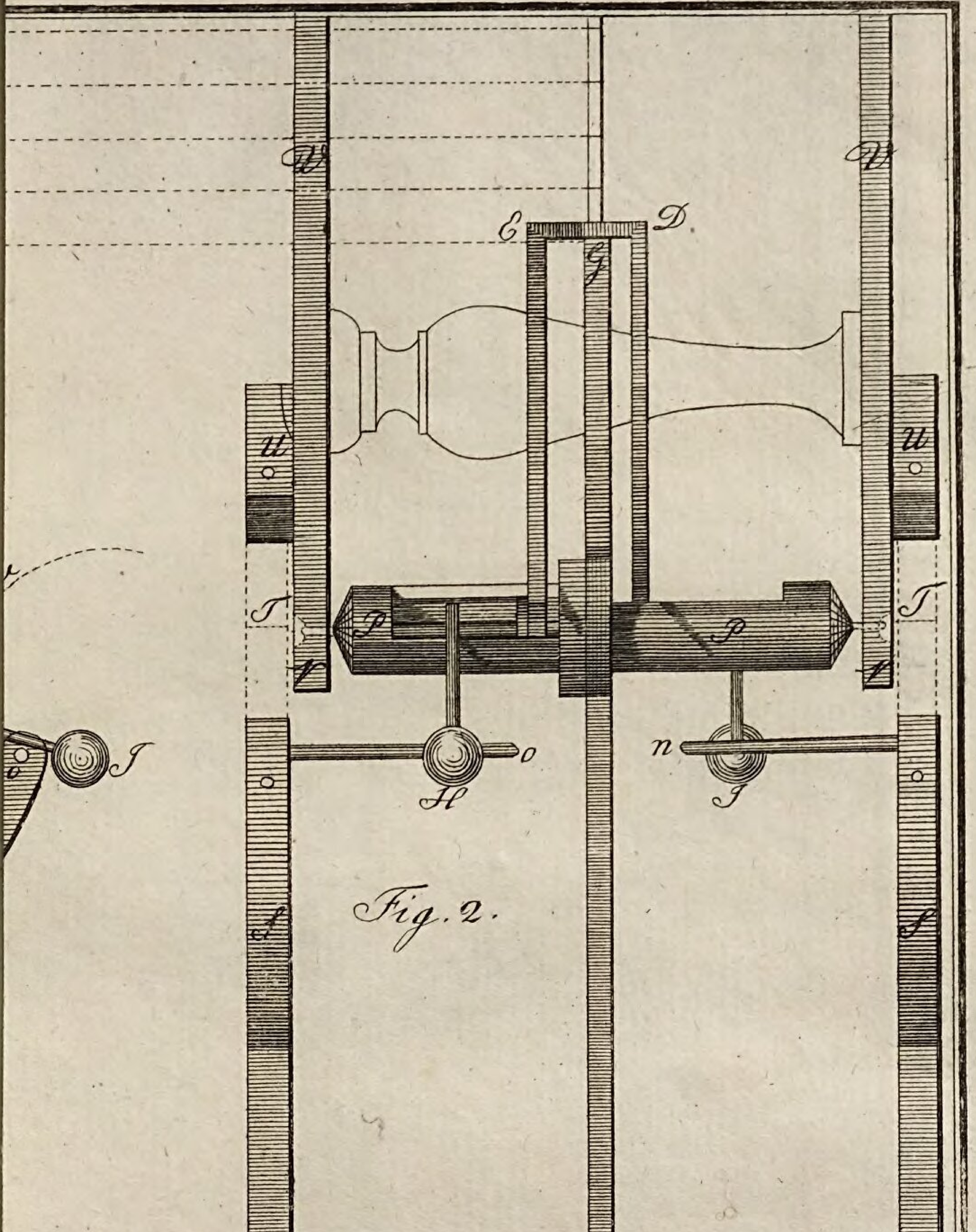


Fig. 2.

LB
Coburg

Tab. 8.

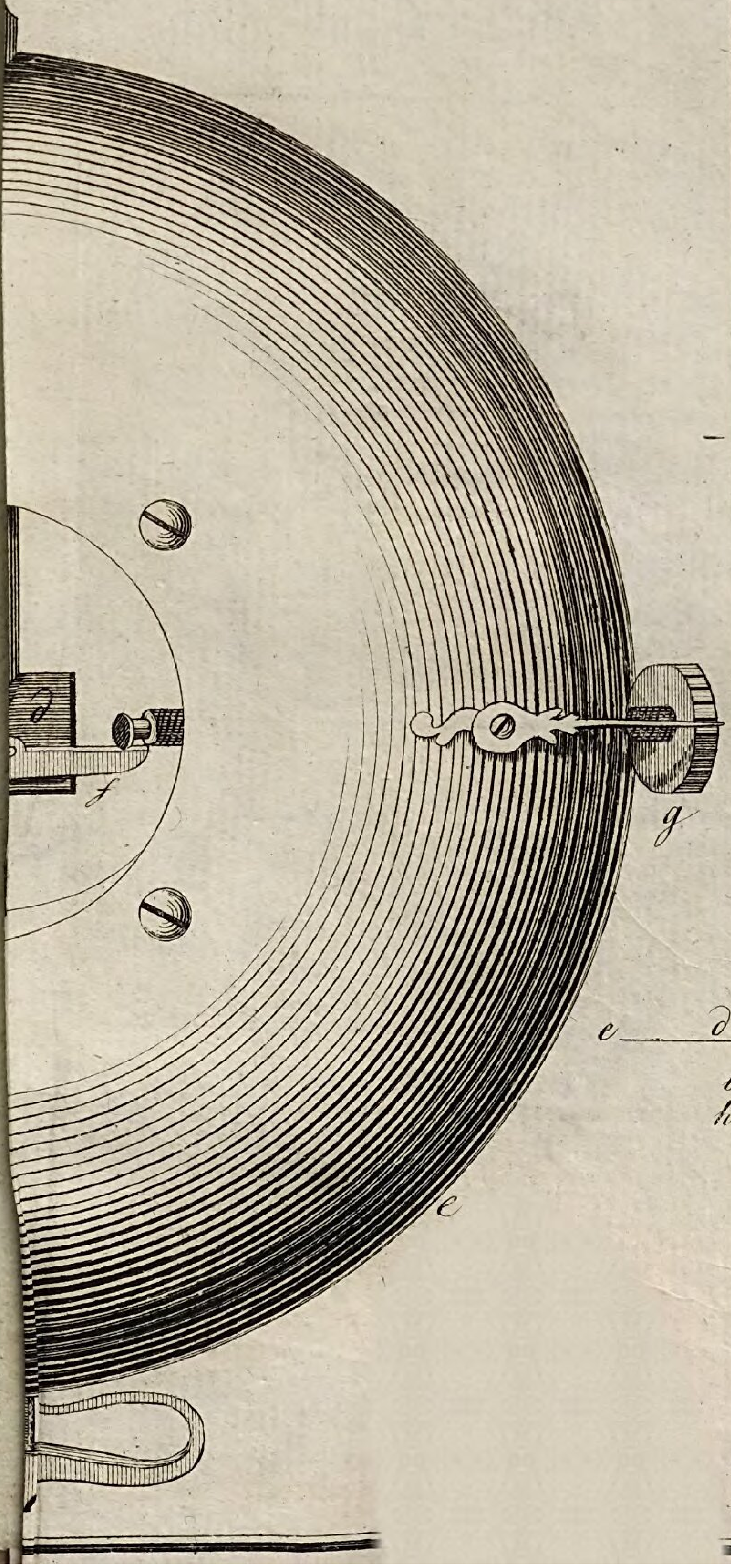
LB
Coburg

Fig. 4.
A
A
A
C
C
D
E
F
B
F
B
F
B
F
C
C
F
G
F
G

LB
Coburg

Fig. 3.

Fig. 2.



LB
Coburg

Fig. 6.
Fig. 7.
S
B
S
B
B
c
No. 3.
a
a

LB
Coburg

Tab. 12.

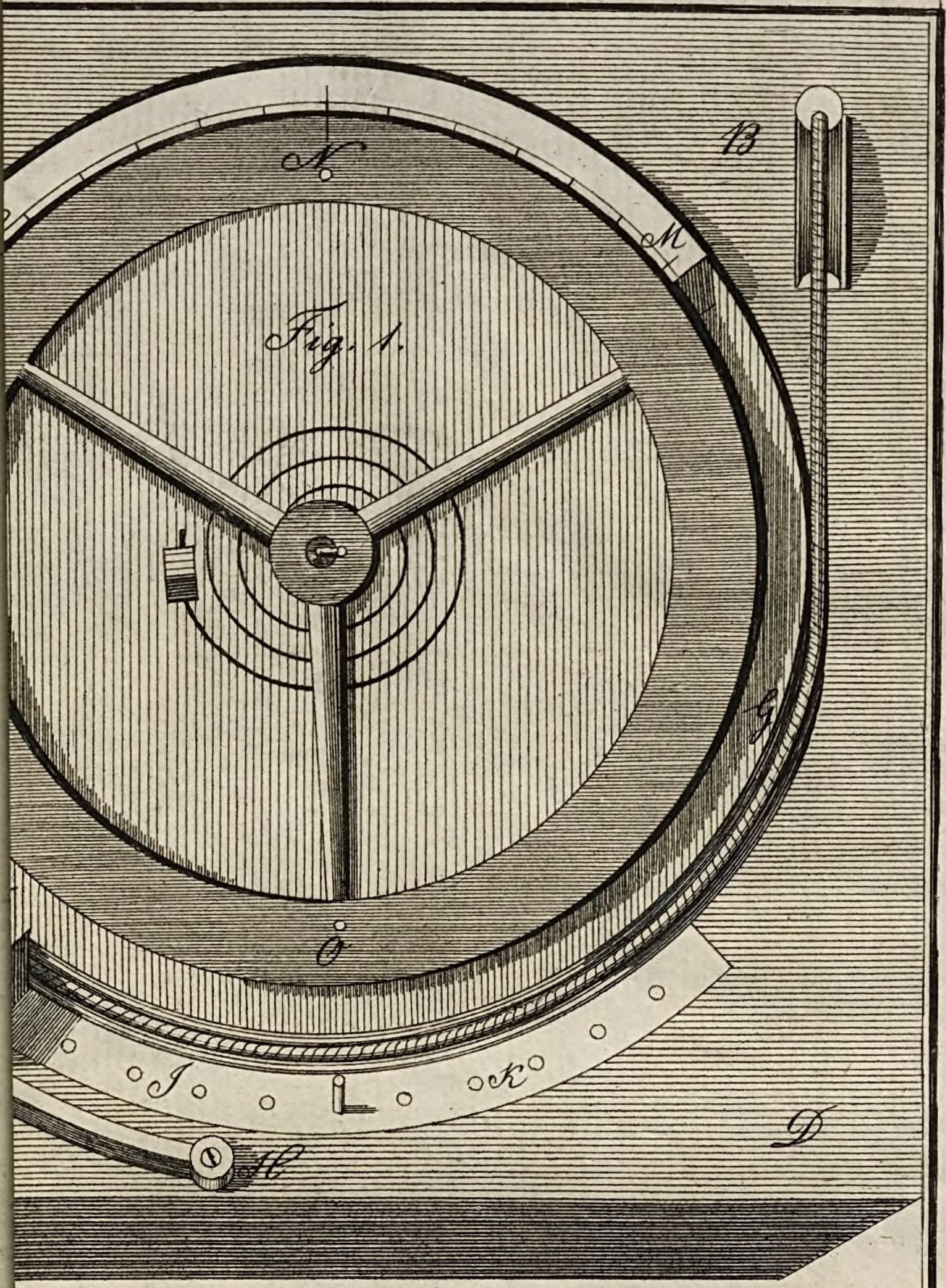


Fig. 1.

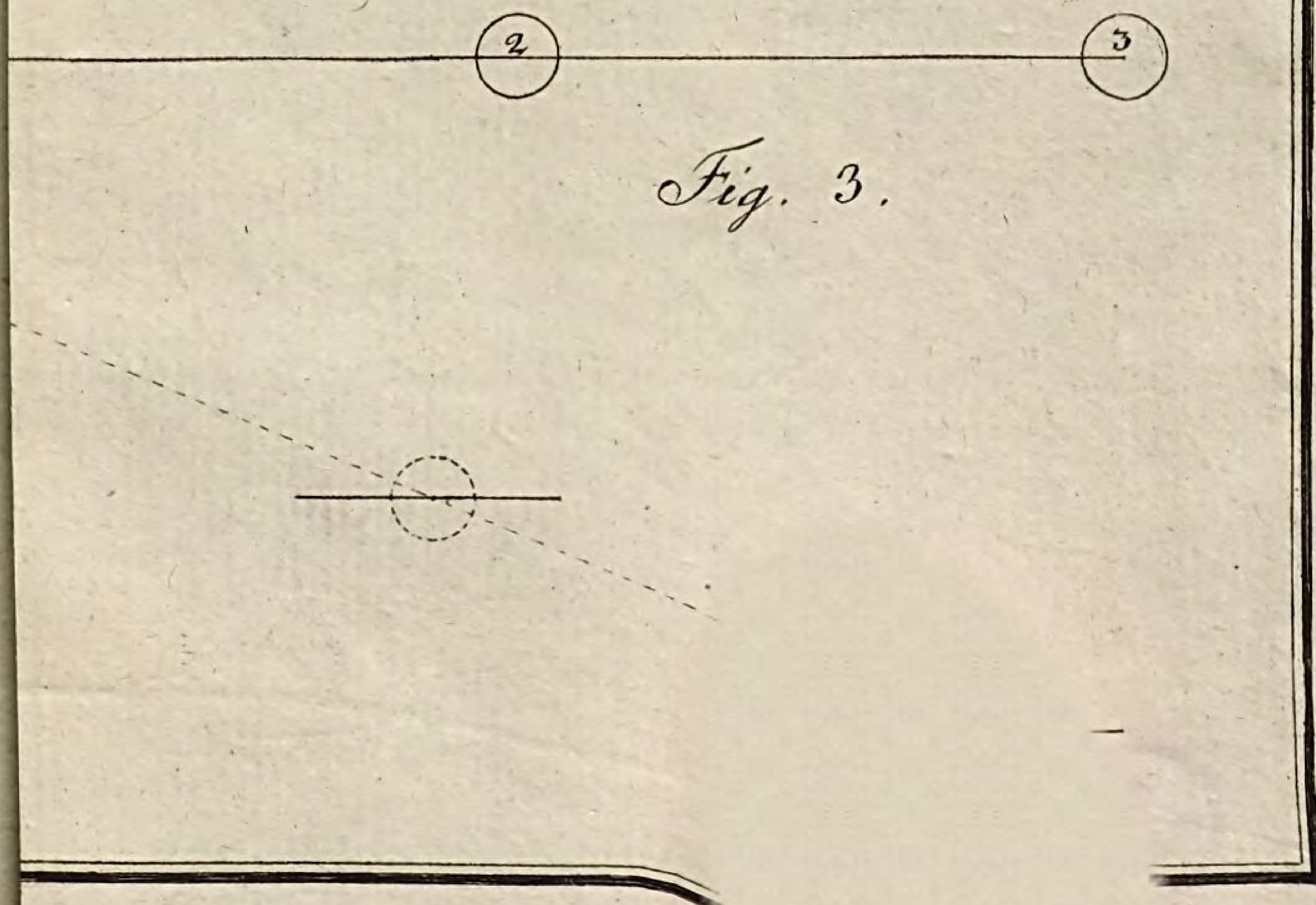


Fig. 3.

LB
Coburg

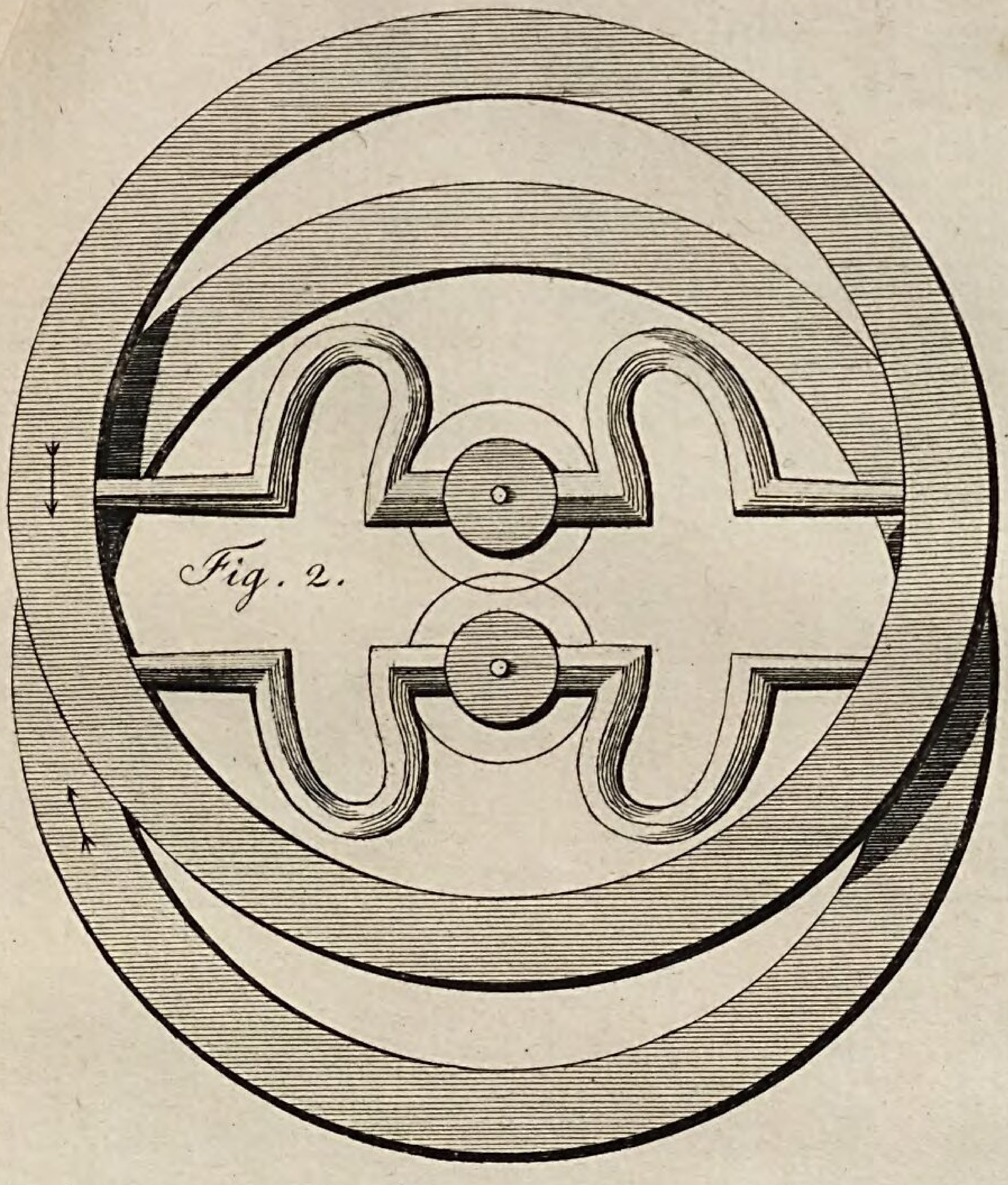


Fig. 2.

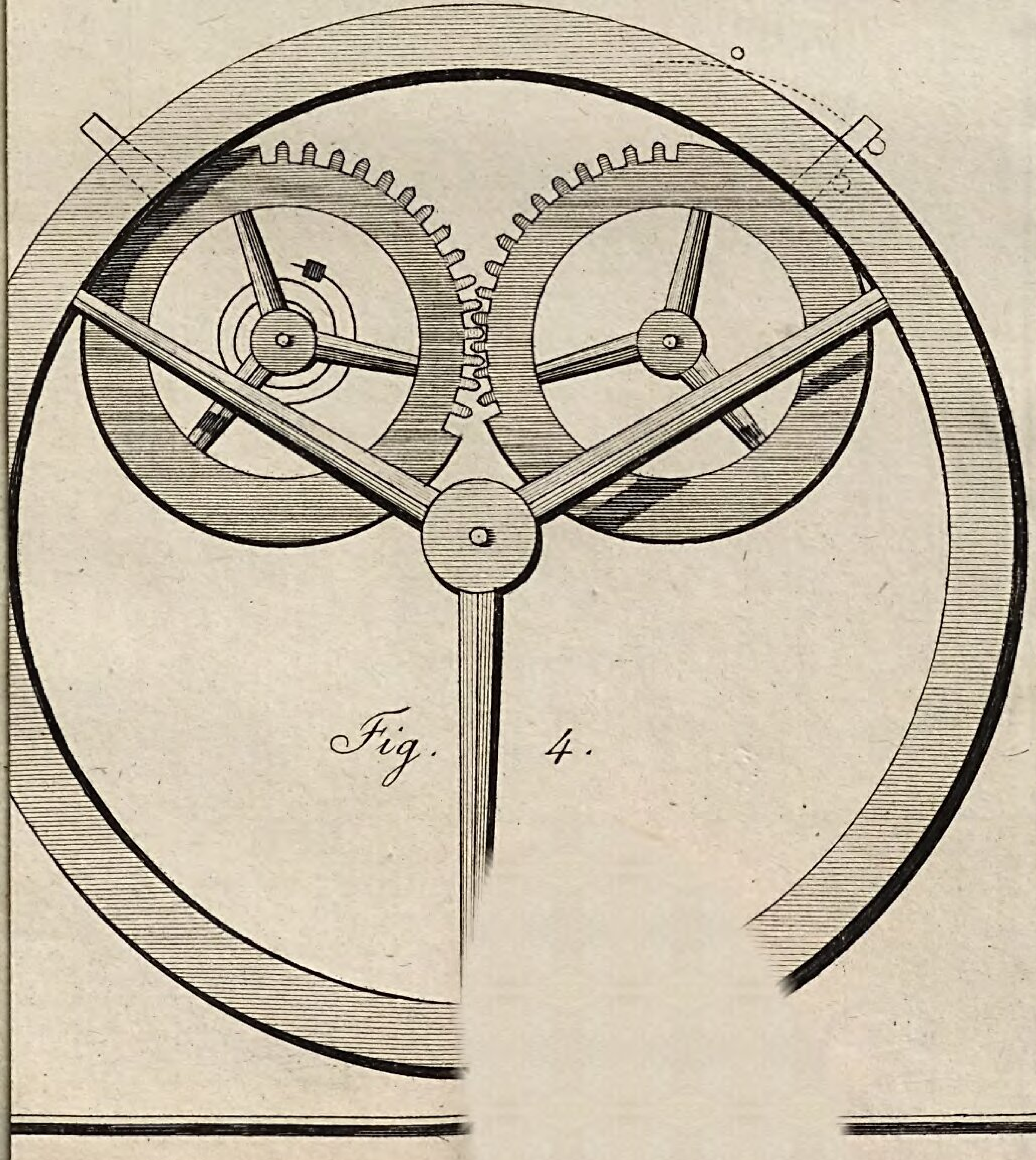


Fig. 4.

LB
Coburg

Fig. 6.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 4.

LB
Coburg

D
G
1
2
4
F

LB
Coburg

Fig. 2.

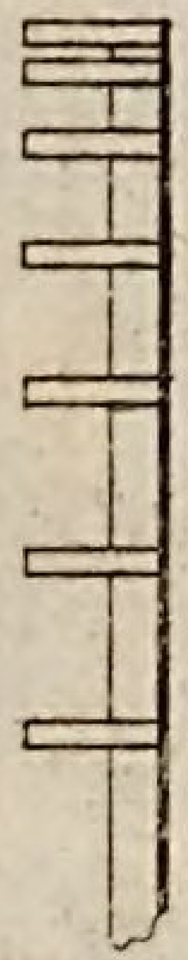


Fig. 3.

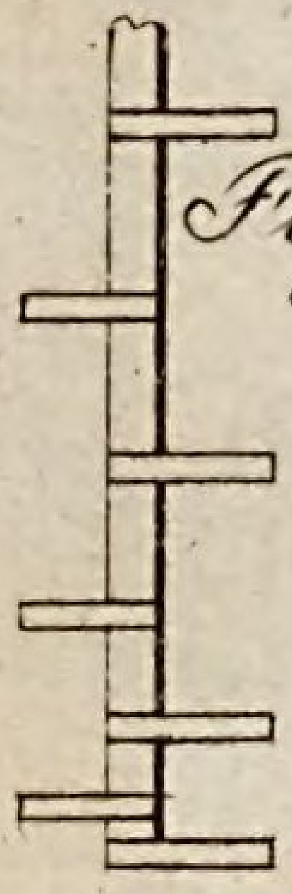


Fig. 4.

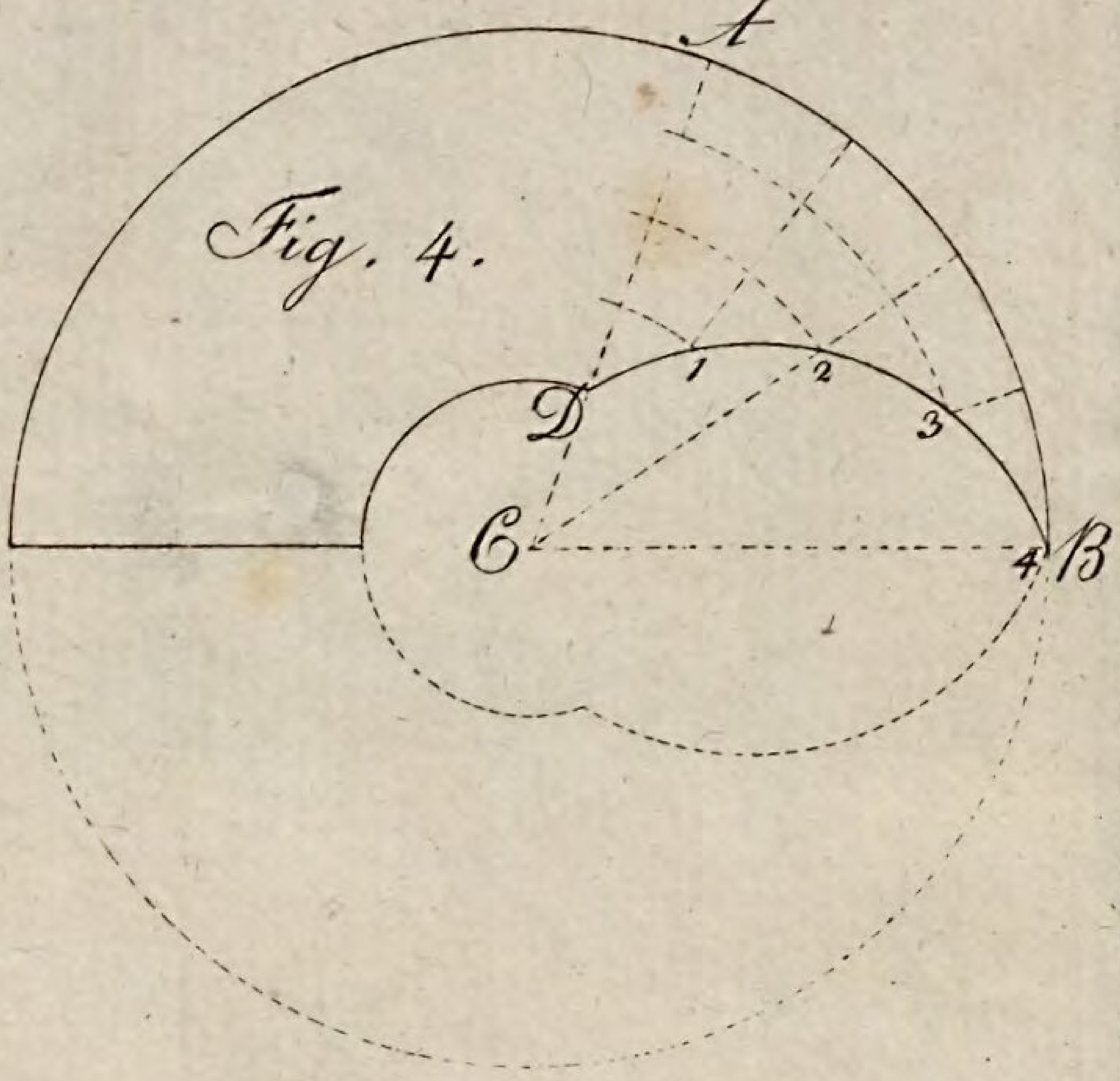
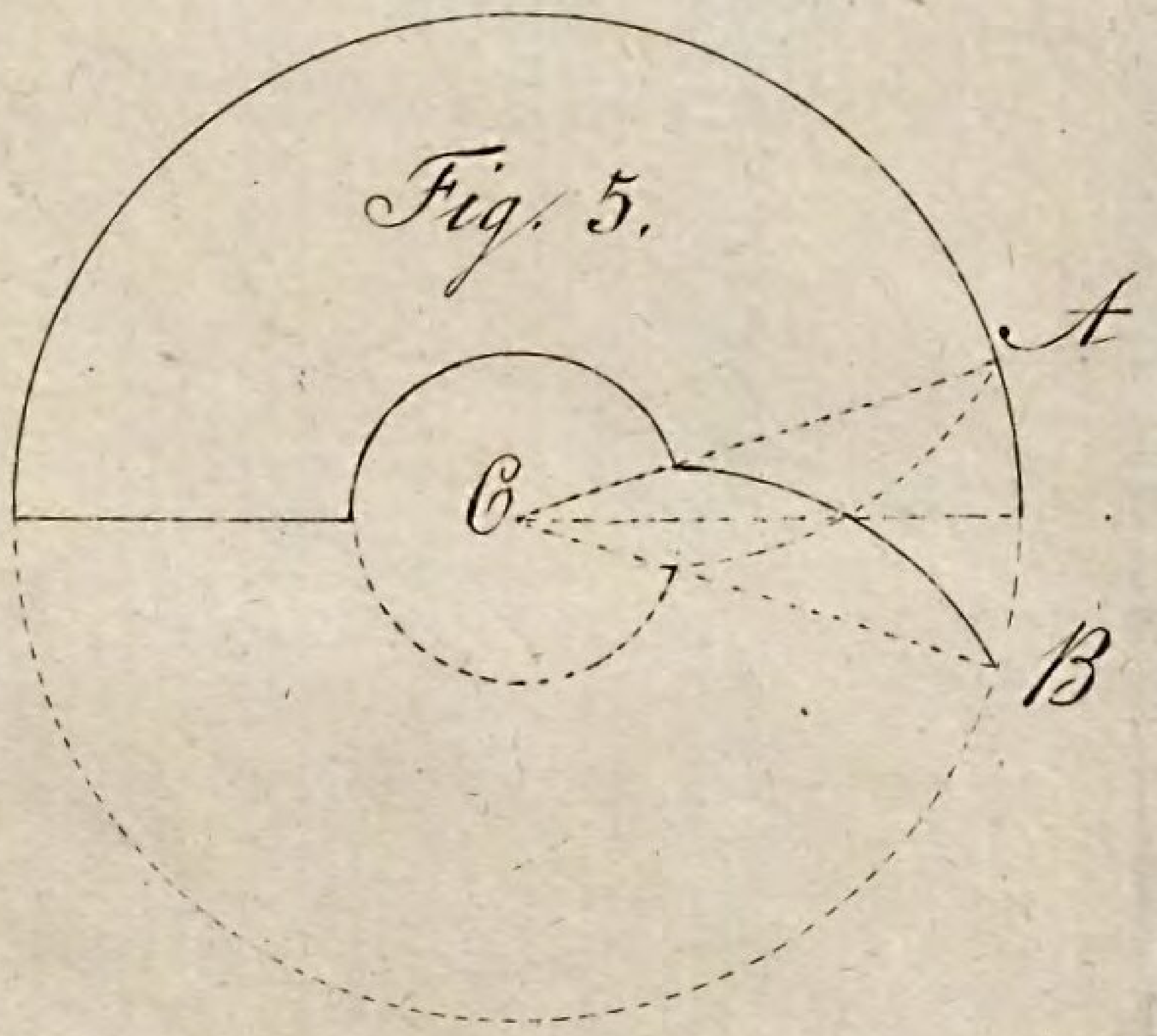


Fig. 5.



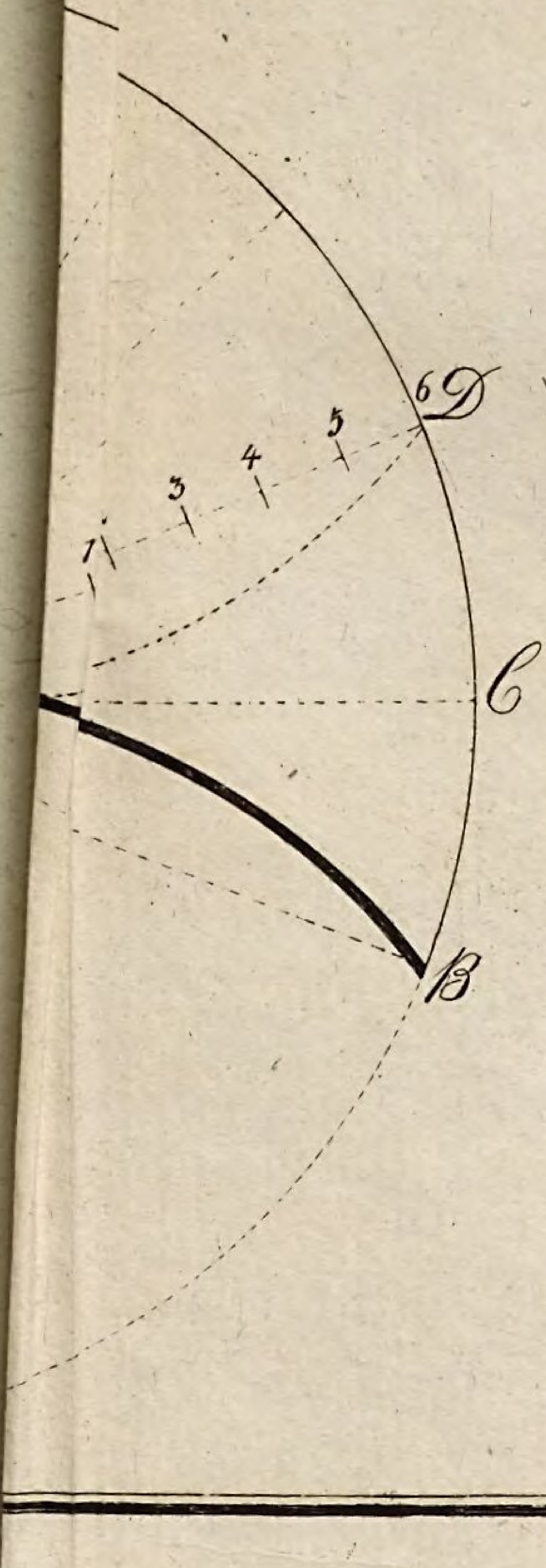
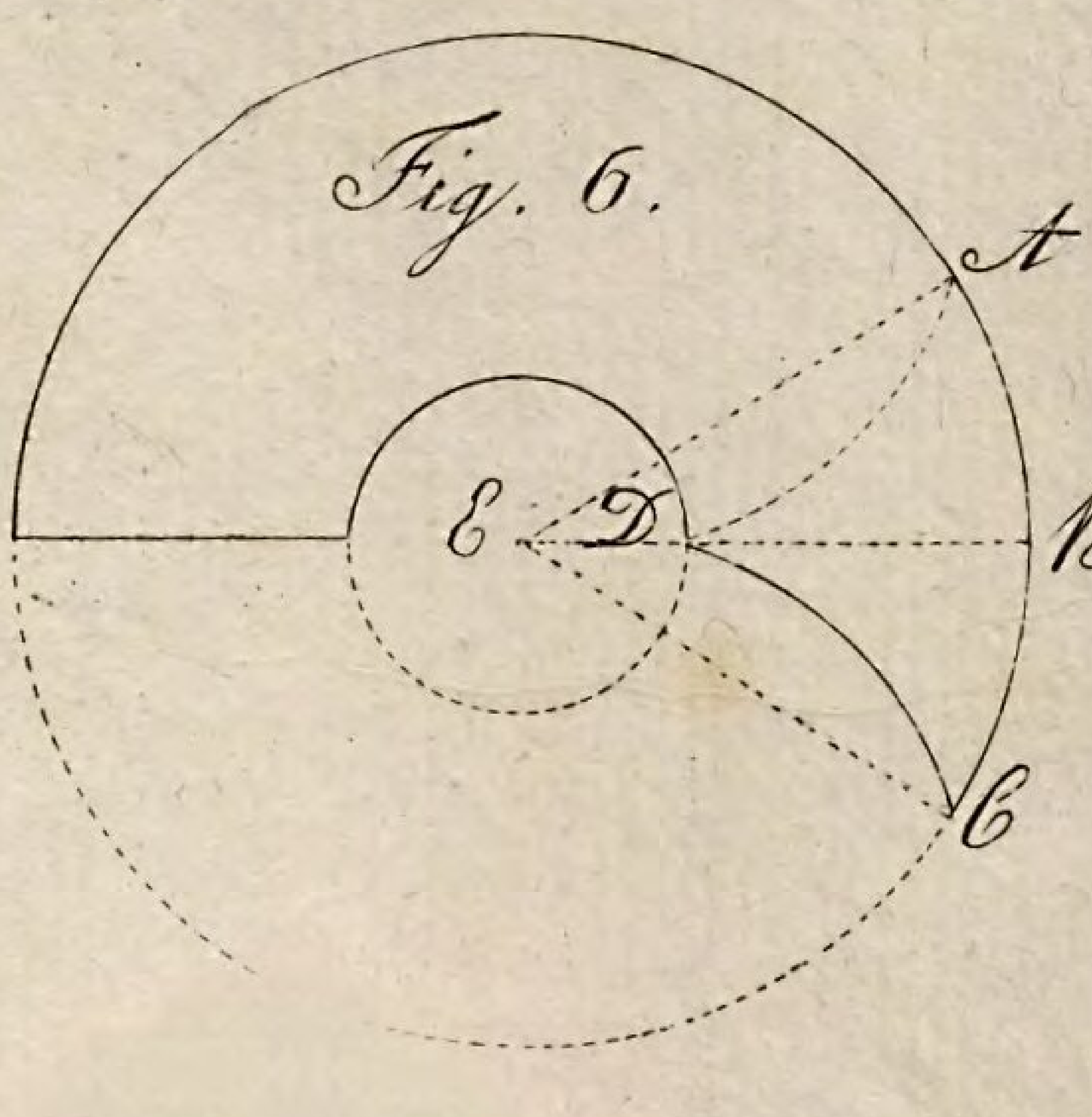


Fig. 6.



LB Coburg

13 0. 10.75

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Cumming, Alexander,

Elemente der praktischen Groß- und Klein-Uhrmacherkunst mit 16 Kupfertaf

Leipzig [1802]

Coburg, Landesbibliothek -- E I 7

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11942546-6